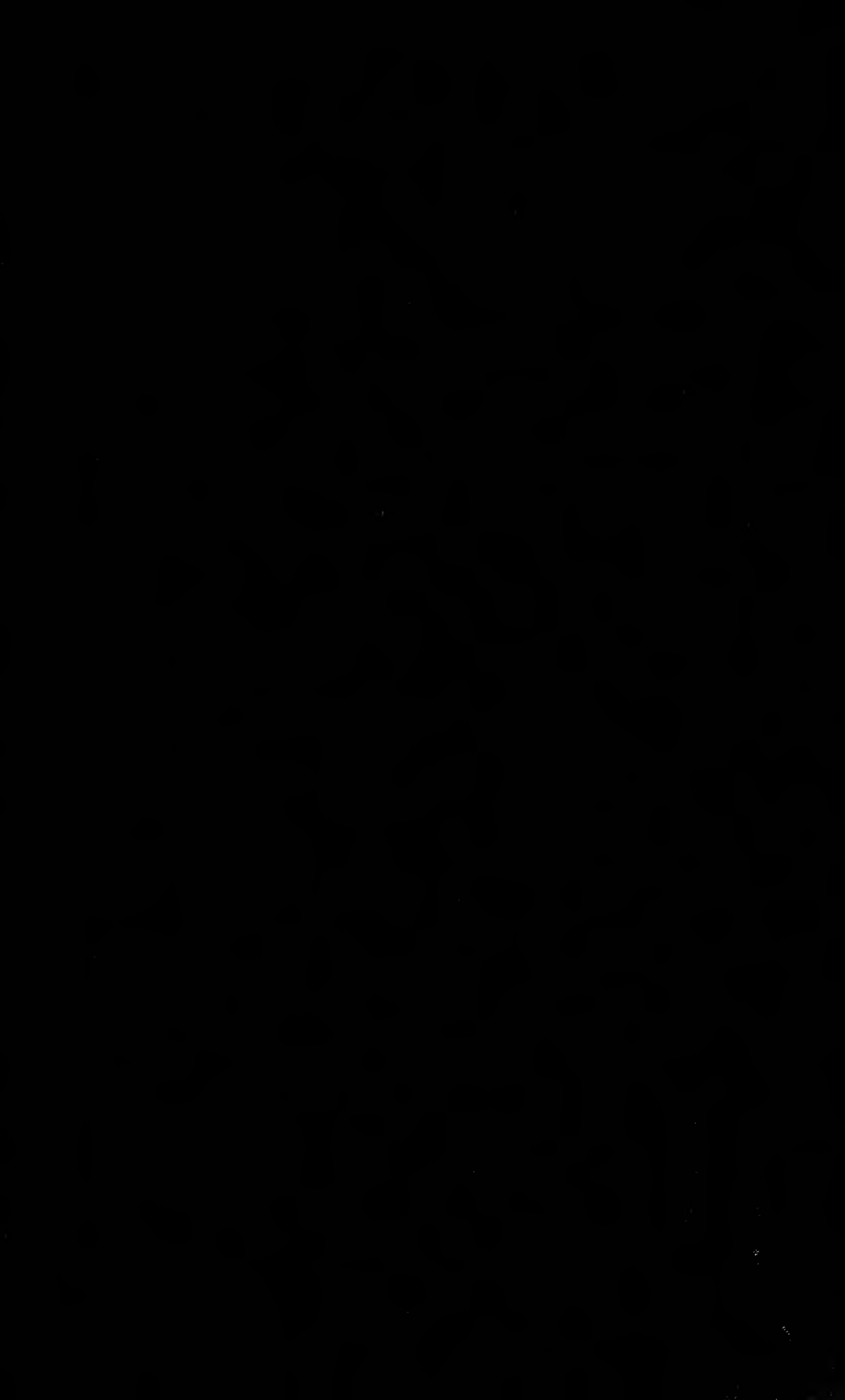
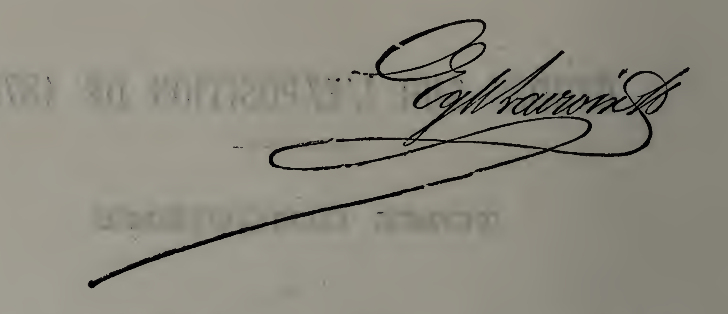


ÉTUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

TOME CINQUIÈME

ARTS MILITAIRES. — ART NAVAL
NAVIGATION DE PLAISANCE. — AÉROSTATION.
ASTRONOMIE. — NOTES COMPLÉMENTAIRES : LE CHAUFFAGE,
L'ÉCLAIRAGE, LES CRISTAUX, LES OBJETS
DE VOYAGE ET DE CAMPEMENT
LA CÉRAMIQUE, LES PRODUITS CHIMIQUES, ETC.



La 1re partie des *Annales et Archives de l'industrie au XIXe siècle*, ou *Nouvelle Technologie des arts et métiers*, est composée des *Études sur l'Exposition de 1867*, 8 vol. et un atlas de 250 planches. Prix : br., 80 francs ; rel., 100 francs.

Paris. — Imprimerie et librairie de E. Lacroix, rue des Saints-Pères, 54.

ÉTUDES

SUR

L'EXPOSITION DE 1878

ANNALES ET ARCHIVES DE L'INDUSTRIE AU XIXe SIÈCLE

(2e PARTIE)

PUBLIÉES PAR MM.

LES RÉDACTEURS DES *ANNALES DU GÉNIE CIVIL*

AVEC LE CONCOURS D'INGÉNIEURS ET DE SAVANTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

E. LACROIX

Chevalier de la Légion d'honneur. — Ancien officier d'infanterie de marine.
Ingénieur civil. — Membre de l'Institut Royal des Ingénieurs de Hollande, de la Société Royale des Ingénieurs de Hongrie, de la Société industrielle de Mulhouse, de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, etc.

Directeur de la Publication.

TOME CINQUIÈME

ARTS MILITAIRES. — ART NAVAL. — NAVIGATION DE PLAISANCE.
AÉROSTATION. — ASTRONOMIE.
NOTES COMPLÉMENTAIRES : LE CHAUFFAGE, L'ÉCLAIRAGE, LES CRISTAUX, LES OBJETS DE VOYAGE ET DE CAMPEMENT, LA CÉRAMIQUE, LES PRODUITS CHIMIQUES, ETC.

1 vol. grand in-8 XVI-576 pages, avec 207 figures intercalées dans le texte et 30 planches in-fo.

Ouvrage honoré de la souscription de M. le Ministre de la Marine.

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

Eugène LACROIX, Imprimeur-Éditeur

du *Bulletin officiel de la Marine*, Libraire de la Société des Ingénieurs civils de France, de la Société des Conducteurs des ponts et chaussées, etc.

54, RUE DES SAINTS-PÈRES, 54

(Près le boulevard Saint-Germain)

ÉTUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

TOME V

ARTS MILITAIRES. — ART NAVAL.
NAVIGATION DE PLAISANCE. — AÉROSTATION.
ASTRONOMIE. — NOTES COMPLÉMENTAIRES : LE CHAUFFAGE,
L'ÉCLAIRAGE, LES CRISTAUX, LES OBJETS
DE VOYAGE ET DE CAMPEMENT
LA CÉRAMIQUE, LES PRODUITS CHIMIQUES, ETC.

TABLE DES MATIÈRES

I. — **Arts militaires**, par MM. A. de Loyette et T. Lacouture pages 1 à 81, 315 à 423.

II. — **Art naval**, par MM. J. de Berthieu et Galtigny (p. 83 à 119, 191 à 314).

III. — **Aérostation**, par M. MIRET (pages 121 à 190).

IV. — Navigation de plaisance, par MM. Lucien More et Méo (pages 425 à 512).

V. — Astronomie, par M. Boillot, pages 513 à 558.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE DES FIGURES

1° Arts militaires.

2° Art naval.

3° Aérostation.

4° Navigation de plaisance.

5° Astronomie.

FIN DE LA TABLE DES FIGURES.

TABLE DES PLANCHES.

1° Arts militaires.

2° Art naval et Navigation de plaisance.

FIN DE LA TABLE DES PLANCHES.

ARTS MILITAIRES

PAR

MM. A. DE LOYETTE ET T. LACOUTURE

Anciens Élèves de l'École polytechnique.

AVANT-PROPOS.

Le Jury international de 1867, désireux de conserver aux expositions universelles le caractère pacifique qui convient à ces grandes assises de la civilisation, avait refusé de s'occuper des engins de guerre et ne voulait les récompenser que comme matière première sans tenir compte de leur travail industriel quel qu'il fut.

C'était une noble et généreuse pensée; mais, comme pour jeter un défi aux prévisions humaines, trois ans plus tard la Providence lançait l'une contre l'autre deux des nations les plus puissantes, et effrayait le monde par l'exemple des revers inouïs de celle qui, trop confiante dans les succès passés, avait cru pouvoir négliger les arts de la guerre pour se livrer sans réserve à ceux de la paix.

Une fièvre belliqueuse s'empara alors de tous les peuples et depuis huit ans les budgets des états s'engouffrent dans l'abime des réorganisations militaires. L'effectif des armées a été décuplé; pour loger les soldats il a fallu partout construire de nouvelles casernes; pour les armer on a dû inventer de nouveaux fusils; on est arrivé à durcir le bronze des bouches à feu et à le remplacer souvent par de l'acier. De nouvelles forteresses se sont élevées, réparties suivant les règles d'une stratégie nouvelle et tracées de façon à pouvoir résister aux engins actuels; sur terre comme sur mer on a cherché à protéger la pierre et le bois des défenses par des cuirasses métalliques. L'homme, si puissant pour détruire et si faible pour créer, a composé des poudres plus terribles encore que les anciennes; des torpilles automotrices vont atteindre au loin et faire voler en éclats les navires qui résistaient au canon. L'électricité transmet les ordres du général en chef sur le champ de bataille; elle projette au loin sa lumière sur les travaux que les assiégeants exécutaient autrefois dans l'obscurité protectrice de la nuit.

Partout les découvertes des savants ont été immédiatement utilisées par les officiers et plus que jamais aujourd'hui les uns et les autres ont à se tenir au courant de leurs travaux. Maintenant, en effet, tout citoyen est soldat; les ingénieurs civils, les architectes sont appelés à aider et à remplacer en temps de guerre les ingénieurs militaires; c'est donc pour eux un devoir patriotique que d'étudier à l'avance les sciences qu'ils peuvent avoir à appliquer dans des circonstances où les moindres fautes compromettent des milliers d'existences.

Les quelques pages qui vont suivre, écrites à la hâte pour les besoins du moment, n'ont point la prétention de remplacer les ouvrages spéciaux; une grande réserve est du reste imposée au publiciste en pareille matière; mais le

lecteur pourra puiser dans cette revue rapide des diverses branches du service des officiers du Génie et de l'Artillerie de terre et de mer, des vues d'ensemble qu'il trouverait difficilement ailleurs.

Il n'est point hors de propos de rappeler dans ce préambule que le nom porté actuellement par le palais même de l'Exposition lui a été imposé en souvenir d'un des plus brillants épisodes de notre histoire militaire.

Le mot TROCADERO, qui signifie *échange*, était certes un nom prédestiné pour désigner le plus somptueux et peut-être le dernier de ces immenses rendez-vous où les industriels du monde entier viennent faire montre de leurs chefs-d'œuvre et étudier ceux de leurs rivaux. Porté d'abord par un petit village qui, situé à la naissance de la presqu'île de Cadix, servait d'entrepôt à la vieille cité espagnole, trop à l'étroit dans sa ceinture maritime, ce nom devint célèbre en 1823 lors des guerres de la péninsule. Les Gaditains assiégés par les Français y avaient élevé des retranchements si formidables qu'ils semblaient devoir défier toutes les attaques; ces défenses furent néanmoins enlevées de la manière la plus brillante, au point du jour du 31 août 1823, en présence du duc d'Angoulême, grâce aux dispositions habiles prises par le général vicomte Dode de la Brunerie commandant du Génie de l'armée et depuis maréchal de France : Ce succès décida de la prise de Cadix et amena quelques jours après, une fin glorieuse pour nos armes, à cette guerre qu'on craignait de voir s'éterniser comme celle de 1808. Il fut alors question de décerner le titre de *Duc de Trocadero* à l'ingénieur déjà illustre qui en avait eu le principal mérite; mais, par économie, on recula devant une mesure qui eut entraîné une dotation et on se contenta de conserver le souvenir de ce fait d'armes en donnant le nom des retranchements ennemis aux hauteurs qui s'élèvent sur la rive droite de la Seine en face de l'École militaire.

A. DE L.

ARTS MILITAIRES

SOMMAIRE.

Constructions militaires : fortifications, casernes, ponts de campagne. — Attaque et défense des places. — Artillerie : armes à feu, armes blanches, poudres et dynamite; fabrication et transport des divers engins de guerre. — Constructions navales : torpilles. — Aérostats. — Pigeons voyageurs. — Télégraphes et signaux. — Cartes topographiques. — Habillement et alimentation des troupes. — Sauvetage. — Objets de voyage et de campement.

RÉSUMÉ HISTORIQUE DE L'ART DE LA FORTIFICATION, DE L'ATTAQUE ET DE LA DÉFENSE DES PLACES.

L'art de la fortification a pour but de préserver un espace déterminé des agressions subites de l'ennemi et de donner aux défenseurs les moyens de combattre cet ennemi avec avantage.

Les fortifications ont été et sont de natures très-diverses, suivant les matériaux et le temps dont le constructeur peut disposer, suivant la puissance des engins que l'on a à craindre et enfin suivant le caractère et les armes des défenseurs.

Les principes et les termes les plus élémentaires de cet art sont les suivants :

1° Élever des murailles ou remparts suffisamment hauts pour ne pouvoir être escaladés facilement.

2° Ménager sur les remparts des plates-formes ou *terre-pleins* du haut desquels le défenseur puisse dominer l'assaillant, ou, en d'autres termes, avoir sur lui du *commandement*.

3° Tâcher de voir partout le pied du mur de manière à frapper ceux qui chercheraient à le démolir ou se prépareraient à l'escalader. Quand on obtient ce résultat au moyen de vues de haut en bas, comme par les mâchicoulis, on a le *flanquement vertical;* quand on l'obtient en voyant de côté à l'aide des sinuosités de l'enceinte, on a le *flanquement latéral.*

4° Accumuler les obstacles à la marche de l'ennemi dans tout l'espace où cet ennemi est exposé aux coups de la défense de manière à l'y retenir exposé le plus longtemps possible; ces ouvrages s'appellent les *dehors* ou les *ouvrages extérieurs.*

5° Protéger les murailles contre les projectiles de l'ennemi de manière à l'empêcher de faire brèche de loin et à le forcer d'amener ses engins jusqu'au pied même du mur. On y parvient d'ordinaire au moyen de *masques* en terre, c'est ce qu'on appelle *défiler* les maçonneries.

L'histoire de la fortification peut se diviser en cinq grandes périodes.

La première s'étend depuis l'origine jusqu'au siècle d'Alexandre le Grand, époque où les machines balistiques et l'art des sièges furent amenés en quelques années à un haut degré de perfection, grâce aux ingénieurs qui se formèrent dans les guerres des rois de Macédoine.

La seconde pourrait s'appeler la période romaine; elle commence au IVe siècle avant notre ère et finit à l'invasion des Barbares au Ve siècle après J.-C. Elle ne se distingue que par l'application des procédés inventés par les Grecs.

La troisième va de l'invasion des Barbares à l'invention du boulet de fer au XVe siècle. On voit pendant ce temps les peuples d'Occident, ramenés à la barbarie par la chute de l'empire romain, parcourir de nouveau la série des perfectionnements successifs jusqu'au moment où l'adoption d'un projectile qui faisait voler en éclat la maçonnerie au lieu de se briser contre elle, vint inaugurer la poliorcétique moderne.

Une quatrième époque qui peut se caractériser par le nom de VAUBAN, s'étend jusqu'à ces dernières années.

Enfin une ère nouvelle paraît devoir dater de l'adoption des canons rayés se chargeant par la culasse. Toutes les anciennes règles des ingénieurs ont été bouleversées par ces armes lançant avec une précision et une portée jusque là inconnues, une véritable pluie de projectiles qui arrivent avec l'inclinaison du quart et peuvent ainsi atteindre des objets complétement dérobés aux vues des canonniers.

PREMIÈRE PÉRIODE

De l'origine au IVe siècle avant notre ère.

ÉGYPTE. — Comme tous les autres arts, ceux de l'ingénieur militaire prirent naissance en Orient.

Pour ne s'en tenir ici qu'à des documents précis, nous nous contenterons de signaler comme premier spécimen de la poliorcétique à ces époques reculées, une peinture tirée du tombeau de ROTEI à *Beni-Hassan-el-Qadim* en Égypte, et remontant au XXIIe siècle avant notre ère (1). On y remarque déjà les assiégeants attaquant la muraille à l'aide d'une grosse poutre et protégés par une machine qui paraît formée d'une cuirasse de métal et de bois. Les combattants sont armés d'arcs des deux côtés et quelques-uns des défenseurs sont suspendus en dehors de l'enceinte dans des espèces de corbeilles, de manière à pouvoir flanquer le mur. Rien dans le dessin n'indique la forme de l'enceinte; mais on peut inférer des ruines existant encore en grand nombre sur les bords du Nil, que celle-ci était de forme quadrangulaire.

Toutes ces ruines d'anciennes forteresses paraissent à peu près construites sur le même plan et la description suivante de l'enceinte d'Eléthyia (*El Kab*), en donne une idée assez précise (2).

« La grande enceinte est construite en briques qui ont $0^m,38$ de hauteur sur $0^m,20$ et $0^m,18$. Ces briques ne sont point cuites; elles sont composées de terre forte du pays ou du limon du Nil simplement pétri ou séché au soleil ou du moins à un feu très-doux. Ce limon a conservé sa couleur naturelle d'un brun

(1) CHAMPOLLION LE JEUNE : monuments d'Égypte et de Nubie. Voy. Pl. I, fig. 1.

(2) Eléthyia ne paraît pas remonter au-delà du IIIe siècle avant notre ère; la description que nous reproduisons est tirée du grand ouvrage sur l'expédition d'Égypte.

cendré. Comme il fallait pour des enceintes aussi vastes, des quantités énormes de briques et qu'il ne s'agissait probablement en les employant que de former une barrière propre à marquer les limites de l'espace interdit aux profanes ou à arrêter les incursions des peuples nomades du désert, on a dû user des procédés en grand et des plus simples pour la fabrication de ces matériaux. La chaleur naturelle du soleil dans ce climat a donc dû suffire pour la cuisson des briques. Il faut donc croire que les Égyptiens, qui d'ailleurs ont bien prouvé qu'ils n'étaient pas avares de grands travaux, soit pour l'exploitation soit pour l'emploi des matériaux les plus gros et les plus durs, ne faisaient usage de ceux-ci que dans le cas où ils n'avaient besoin d'élever qu'un simple retranchement en terre, et la brique crue avait sur les terrasses l'avantage de pouvoir s'arranger en forme de maçonnerie ou avec de médiocres talus.

Les grandes enceintes de briques crues servaient ordinairement à entourer un temple, un palais ou un vaste rassemblement d'édifices de ce genre. Au milieu de l'un ou de plusieurs côtés de la clôture s'élevait une de ces portes colossales en pierre qui sont quelquefois accompagnées de môles énormes en pierre et qui souvent nous paraissent au premier abord si bizarrement isolées, parce que l'enceinte, facile à détruire, a totalement disparu (1). »

Les dimensions de ces briques égyptiennes étaient énormes par rapport à celles auxquelles nous sommes habitués; ainsi dans l'enceinte de Tanis, bâtie il y a plus de 37 siècles, elles ont $0^{m},46$ sur $0^{m},22$, et $0^{m},14$ et contiennent de la paille hachée; dans celle de Denderah $0^{m},39$, $0^{m},20$, $0^{m},12$; les plus petites sont celles de l'enceinte du palais du Carnak : $0^{m},32$, $0^{m},16$, $0^{m},14$. Ces briques étaient reliées par une pâte fine de limon ; elles étaient généralement disposées à plat, joint sur plein, présentant sur le parement des murs leur largeur et leur hauteur, la longueur restant perpendiculaire à la direction de la muraille ; d'autres fois elles étaient placées alternativement par boutisses et panneresses.

Les pierres de taille étaient assemblées avec des tenons de bois ou de métal, et les joints souvent remplis par un ciment rouge de poussière de briques.

Les murs de Tanis et d'Ombos n'ont guère que 6 à 8 mètres d'épaisseur; mais ceux d'Héliopolis sont encore épais de 18 à 20 mètres et portent la trace d'un double revêtement en pierres calcaires aujourd'hui disparu. Cette disposition paraît avoir été beaucoup plus générale qu'on ne pourait le supposer d'après les vestiges existants, car il est prouvé que les matériaux calcaires ont été presque partout exploités depuis, soit comme pierre de taille soit comme pierre à chaux.

Il est difficile de déterminer la hauteur des anciens remparts à cause des sables qui ont envahi le pied du plus grand nombre ; mais ils dominent généralement encore la plaine de 5 à 6 mètres.

Les villes égyptiennes étaient du reste établies elles-mêmes sur des buttes factices dont les remblais étaient fournis par des canaux qui les entouraient, les protégeant ainsi à la fois contre les inondations et les invasions ennemies. Des digues servant de chemins couverts complétaient ce système de défense. Hérodote dit expressément (II, 137) que le roi éthiopien Sabacos, au lieu de punir de la mort les égyptiens criminels, les condamnait à rehausser le sol de leur ville natale pour compléter l'œuvre de Sésostris, qui l'avait d'abord exhaussé quand il avait creusé les canaux. Ailleurs (II, 97) il dit que, le Nil une fois débordé, les villes de l'Égypte paraissaient seules au-dessus de l'eau, semblables aux îles de la mer Égée.

On conçoit que, grâce à ces défenses naturelles et à la faiblesse relative des

(1) Eléthyia se composait de deux enceintes carrées exactement concentriques dont l'enceinte extérieure avait plus de 600 mètres de côté.

peuples qui les entouraient, les Égyptiens possesseurs d'armées puissantes et disciplinées, n'aient eu pour places fortes que des sortes de camps retranchés.

Dans leurs expéditions à l'étranger ils assuraient leurs marches par des fortins à plusieurs enceintes concentriques, dont ils paraissent avoir pris le modèle chez les Chananéens lors des expéditions de Mérephtah I[er] qui fit graver ses exploits sur les murs extérieurs de Carnak, l'un des palais de l'ancienne Thèbes. Autant qu'on peut en juger, ces forts avaient au moins la partie supérieure en bois; Xénophon et les autres auteurs de l'antiquité s'accordent du reste à mentionner ces fortifications formées de troncs d'arbres superposés, comme employées par les peuples de Colchide et du Thase; ce système de construction expliquerait les espèces de mâchicoulis qui les couronnent.

Les créneaux en pierre qui couronnaient les enceintes de maçonnerie avaient une forme analogue mais ne formaient aucune saillie; on en a retrouvé encore en place sur les murs d'un pavillon de Médinet-Abou.

Quant aux contre-forts qu'on peut voir dans la fig. 2 de la pl. I, ils semblent indiquer un perfectionnement du mode primitif de flanquement signalé dans la fig. 1, même planche; la logette du *flanqueur* serait dans ce cas soutenue par un bout de mur, sorte de tour rudimentaire pleine, au lieu d'être suspendue en l'air.

Empires assyriens. — Les empires de Babylone et de Ninive, tantôt rivaux, tantôt réunis sous le même sceptre, ont eu la même civilisation, les mêmes arts.

Les Babyloniens habitant au centre d'une plaine limoneuse où les arbres et les pierres étaient fort rares, durent comme les Égyptiens élever leurs fortifications avec des briques; mais ils consolidèrent leurs constructions avec du bitume et des roseaux qu'ils avaient sous la main.

Leur capitale, fortifiée vers le IV[e] siècle avant J.-C., avait, au dire des anciens historiens et d'après les observations faites sur les lieux par M. Oppert, deux enceintes carrées concentriques. L'enceinte extérieure avait un pourtour de 90 kilomètres, une hauteur de 47 mètres et une largeur de 26 mètres. L'enceinte intérieure avait un développement de 68 kilomètres; le mur large, de 26 mètres, haut de 9 mètres, avait des tours de 57 mètres. Hérodote donne les détails suivants sur le mode de construction :

« A mesure qu'on creusait le fossé, la terre qui en sortait était immédiatement façonnée en briques et, lorsqu'on en avait disposé un nombre considérable, on les faisait cuire au four; on bâtissait ensuite avec ces briques enduites d'une couche de bitume chaud au lieu de simple argile délayée; on les disposait par assises et à chaque trentième assise on introduisait un lit de roseaux... Dans le pourtour de la muraille on comptait 100 portes en airain avec les jambages et les linteaux en même métal. »

Les lits de roseaux dont il est question plus haut avaient pour but de répartir la pression et de rendre le tassement égal. A Bagdad on emploie encore un procédé analogue en se servant de cadres de mûrier au lieu de roseaux.

Les briques qu'on retrouve dans les ruines de la vieille cité sont généralement carrées et de 0^{m},31 de côté sur 0^{m},08 d'épaisseur; beaucoup sont crues et contiennent des roseaux ou de la paille hachés destinés à leur donner de la cohésion. Pour éviter les effets désastreux de l'humidité dans les massifs de briques non cuites, les Babyloniens drainaient pour ainsi dire l'intérieur au moyen de conduits sinueux, généralement de 0^{m},20 de côté, qui traversaient la construction de part en part.

Les Ninivites, bien qu'à portée de carrières, prirent sans doute de leurs voisins l'habitude de construire en briques tous leurs édifices; seulement ils employèrent des soubassements et des revêtements en pierre. Sur ces revêtements formés

d'un calcaire à grain très-fin les monarques faisaient sculpter leurs exploits; un grand nombre de bas-reliefs trouvés dans les ruines des résidences royales de Nimroud et de Khorsabad se trouvent aujourd'hui au musée du Louvre et on peut admirer l'art exquis avec lequel sont représentés certains détails et notamment les chevaux.

Nous donnons dans la pl. I la reproduction de quelques scènes militaires. On voit que les forteresses étaient situées sur des hauteurs rocheuses, composées de plusieurs enceintes concentriques et quelquefois renforcées, fig. 4, par des ouvrages détachés. Les parties supérieures des tours font saillie sur la partie inférieure, semblant former ainsi des mâchicoulis.

L'attaque des places se faisait soit en essayant d'incendier les portes, fig. 4, soit en démolissant les murailles à l'aide de tours ou de tortues bélières qui s'avançaient vers le rempart sur des chaussées artificielles ; nous n'avons trouvé aucune représentation de machine de jet, bien que l'historien Josephe et les livres saints rapportent que des machines de cette espèce avaient été placées sur les remparts de Jérusalem par le roi Ozias.

La forteresse de Khorsabad retrouvée par M. Botta se compose d'une enceinte avec un réduit intérieur, tous les deux de forme rectangulaire. Les fouilles ont permis de constater que la muraille de l'enceinte est en briques crues et a 14 mètres d'épaisseur. Elle est supportée par une base de 1 mètre de haut formée d'un blocage grossier et revêtue à l'extérieur d'un parement de pierres calcaires.

Il ne reste plus en place sur la base calcaire que 12 assises de briques formant une hauteur totale de 2 mètres; les assises supérieures se sont dégradées sous l'influence de l'air et ont formé le tumulus où ont été faites les recherches.

Le réduit est à cheval sur l'enceinte; il est établi sur une éminence artificielle de 12 à 15 mètres de hauteur formée de briques crues séchées au soleil, posées par assises régulières et reliées avec du mortier de terre. Cette masse terreuse était protégée par un mur de soutènement en pierres calcaires très-dures taillées régulièrement en forme de parallèlipipèdes rectangles et disposées en assises par boutisses et paneresses de façon à se relier solidement avec la construction de briques intérieure.

La Grèce et les Côtes de l'Asie mineure. — La mer réunissait plutôt qu'elle ne séparait les peuples de ces deux contrées, marins pour la plupart et appartenant aux même races. Les arts s'y développèrent en suivant la même marche et à peu près simultanément.

La Grèce est couverte de montagnes peu élevées dont les ramifications divisent son sol en une foule de plateaux nettement délimités qui formaient aux temps dits *héroïques*, c'est-à-dire jusque vers le XIIe siècle avant notre ère, autant de petits états séparés, gouvernés par des rois; ceux-ci avaient établi leurs demeures dans des positions centrales et sur des mamelons de manière à pouvoir surveiller leurs domaines et épier l'arrivée de l'ennemi. Ils avaient fortifié non-seulement cette position, mais encore les accès du territoire et tous les défilés étaient barrés par des murailles munies de portes qu'on tenait ouvertes ou fermées suivant que l'on était en paix ou en guerre avec son voisin.

Les constructions les plus anciennes de cette période sont caractéristiques. Elles sont formées d'énormes quartiers de roche posés simplement et sans ciment d'aucune sorte les uns sur les autres, sans qu'on ait même pris soin de les dégrossir; des pierres plus petites remplissent les interstices.

Le tracé des forteresses est simplement déterminé par la condition d'occuper le plateau qui couronne le mamelon. Il ne s'astreint pas à suivre les sinuosités de l'escarpement, quand il y en a un, mais il se compose d'une série de lignes droites formant un polygone inscrit à l'intérieur de ces sinuosités. Il n'y a

point de tours et on trouve généralement à l'intérieur un mur transversal formant retranchement. Les murs ont jusqu'à 8 mètres d'épaisseur et 13 de hauteur.

A *Tyrinthe*, l'acropole ne domine pas la plaine de plus de dix mètres et en certains points descend presque à son niveau. Dans une de ces parties, au sommet d'une pente facilement accessible, le rempart présente une galerie intérieure avec une série d'ouvertures donnant sur le dehors. Cette disposition était destinée à faciliter l'action offensive de la défense : quand les défenseurs voulaient tenter une sortie, ils se massaient d'abord en secret dans la galerie longitudinale et se précipitaient ensuite tous ensemble sur les assiégeants par les ouvertures transversales; quand ils rentraient, ils pénétraient à l'intérieur du rempart par toutes ces ouvertures et se hâtaient de se dérober aux coups des ennemis en se cachant derrière les intervalles des portes, intervalles qui avaient environ deux mètres. Si les assiégeants tentaient de les poursuivre, ils ne pouvaient s'avancer pour ainsi dire que un à un dans ces étroits couloirs et tombaient isolément sous les coups des assiégés qui les frappaient au côté droit au moment où ils dépassaient la muraille.

L'enceinte de la ville de Sardes, en Asie mineure, présente une disposition analogue, mais encore mieux étudiée, en arrière d'un plateau pouvant former point d'attaque.

On s'étonne généralement que des peuples primitifs aient eu l'idée, sans le secours de la mécanique, d'amonceler des blocs aussi considérables les uns sur les autres; les pierres de Tyrinthe sont telles, au dire de Pausanias, que deux mulets attelés n'ébranleraient pas la plus petite; mais c'est présisément parce qûe les hommes n'avaient alors ni outils pour tailler la pierres, ni chariots pour les transporter, ni ciment ou chaux pour les joindre qu'ils avaient avantage à prendre de très-gros blocs parmi ceux que la nature avait détachés de la montagne, à les faire avancer et à les hisser les uns sur les autres à l'aide de rouleaux. L'ouvrage avançait ainsi bien plus rapidement et avait, grâce aux poids des matériaux, une solidité qu'il eut été impossible de lui donner autrement. L'habitude d'employer aujourd'hui des machines compliquées afin d'économiser le temps nous empêche d'imaginer, au premier abord, à quels résultats prodigieux peut arriver un homme avec de la patience et un simple levier. Archimède l'a dit : avec cet engin si simple et un point d'appui il eut soulevé le monde.

Les peuples que l'on désigne sous le nom de Pélasges, de Lélèges ou de Cyclopes, étaient du reste certainement assez avancés dans les arts, sinon dans les sciences mécaniques. Quelques-uns veulent que l'œil unique du Cyclope ne soit que la lampe que les anciens mineurs s'attachaient au front, ce qui prouverait au moins que les Pélasges étaient adonnés à la métallurgie; mais il est certain que l'enceinte de *Sardes* qui présente de véritables redans et les retranchements d'*Iassos* tracés en crémaillère témoignent chez ces peuples d'une disposition extrêmement remarquable pour la fortification telle que nous la comprenons aujourd'hui.

A l'appareil, dit *Polygonal grossier*, que nous avons signalé à Tyrinthe succéda une disposition plus savante dite *appareil polygonal régulier*; nous en trouvons un des premiers spécimen dans la partie ancienne de l'enceinte de *Mycènes* dont on fait remonter la fondation au XVIe siècle avant notre ère. Les blocs se touchent par des faces planes, quelquefois très-exactement mais sans liaison d'aucune sorte.

Cette enceinte diffère de celle de Tyrinthe en ce qu'au lieu de présenter un simple mur transversal en guise de retranchement intérieur, elle contient une véritable citadelle rectangulaire de 50 mètres de côté sur 100, complètement entourée de murailles et renfermant le palais du roi.

Mycènes fut restaurée dans le XVIe siècle. Les murs datant de cette époque, sont à assises horizontales, mais accusent une très-grande inexpérience; beaucoup de pierres sont plus hautes que larges et les joints verticaux se superposent quelquefois sur plusieurs assises; beaucoup de joints latéraux sont obliques, disposition très-rationnelle à une époque où les outils métalliques étaient fort chers et où par conséquent il y avait avantage à enlever le moins de matière possible au bloc tel qu'il était fourni par la nature. La porte principale, la fameuse *porte des lions*, fut alors rebâtie et placée au fond d'un enfoncement naturel accentué encore par une sorte de tour pleine qui est le premier indice de ce genre d'ouvrages en Grèce. Une porte de moindre importance est percée dans un retour du mur formant flanc. M. le capitaine du génie Delair (*Essai sur les fortifications anciennes*, p. 54) fait à propos de cette porte une remarque intéressante :

« On y rencontre, dit-il, le joint à crossette se prolongeant par une brisure sur les deux faces d'une pierre d'assise. Ce procédé banni généralement des constructions modernes à petits matériaux était excellent dans les constructions à gros blocs des Pélasges et des Etrusques; il est évident qu'on ne retire rien de la résistance d'une pierre de 1m,37 de hauteur quand on creuse à la partie supérieure de cette pierre et dans un angle un sillon de quelques décimètres, surtout si, comme à Mycènes, à la petite porte de l'acropole, le bloc a plus de 1m,50 de largeur et sans doute autant d'épaisseur. D'un autre côté, la pierre de 1m,40 de hauteur qui s'engage dans la crossette tire de cet appareil une stabilité à toute épreuve. Dans les constructions à gros blocs non appareillés d'avance et devant être mis en œuvre à peu près dans l'ordre où le hasard les a fait venir de la carrière, la disposition à crossette devait être précieuse pour éviter des lenteurs. En creusant de loin en loin des encastrements dans les blocs pour loger les angles trop saillants, en usant de pierres de dimensions plus petites pour araser les niveaux d'assise de distance en distance, toutes les pierres trouvaient facilement leur place dans la construction au fur et à mesure de leur arrivée sur le chantier. »

Pendant toute cette période l'art des sièges se réduisait à fort peu de chose.

Ainsi, au siége de Thèbes, vers le XIIIe siècle, Etéocle qui commandait les assaillants ne trouva rien de mieux que de diviser sa troupe en 7 corps dont chacun surveillait une des 7 portes de la ville; de son côté, Polynice qui dirigeait la défense, avait divisé sa troupe en autant de détachements et faisait des sorties fréquentes. Les opérations trainant en longueur, les deux chefs résolurent d'en finir par un combat singulier; mais ils y perdirent la vie tous les deux et le siège finit par une sortie vigoureuse où les défenseurs taillèrent en pièces leurs ennemis.

Le siège de Troie ne nous montre point dans l'Iliade, qui paraît cependant remonter du VIIIe et au Xe siècle, des procédés beaucoup plus perfectionnés. Pas d'autres machines que le fameux cheval; en revanche on trouve des tours de bois pour fortifier le camp des Grècs, mais c'est toujours du plus ou moins de succès des sorties des défenseurs que dépend l'issue du siège.

Entre l'époque de la guerre de Troie (XIIe siècle) et les guerres Médiques (Ve siècle) les villes de la Grèce s'agrandissent peu à peu. A mesure qu'un faubourg devient assez important, on l'entoure à son tour de murailles, de telle sorte que les cités finissent par être formées d'un agrégation de quartiers dont chacun est fortifié séparément; l'ancienne enceinte reste comme citadelle principale et prend le nom d'acropole.

Les villes nouvelles s'établissent sur les isthmes pour mieux assurer leur commerce et être plus fortes contre leurs voisins. La disposition particulière des

côtes de la Grèce et les mœurs maritimes des peuples qui l'habitaient, avaient en effet donné naissance à un mode d'attaque spécial dont la connaissance permet de se rendre compte d'une foule de ruines antiques; l'assaillant longeant les côtes débarquait sur un promontoire ou sur une presqu'île et se fortifiait du côté du continent par une coupure et une muraille dans laquelle il laissait une sortie; de là il pouvait porter presque impunément le ravage dans les pays voisins.

C'est à cette époque que l'appareil régulier à joints verticaux ou obliques s'établit définitivement et que les tours commencent à paraître. D'abord on ne voit celles-ci qu'aux angles et près des portes: puis elles se multiplient. Les plus anciennes sont rondes, les plus récentes carrées; à Gortys elles sont espacées régulièrement d'environ 35 mètres.

Les murailles ont 2 à 3 mètres d'épaisseur: souvent elles se composent de deux parements formés de grosses pierres et remplies de blocaille, mais toujours sans ciment ni mortier. Quelquefois comme à *Gortys* une portion de l'enceinte est tracée en crémaillère, disposition fort rare que nous avons cependant déjà constatée dans les constructions pélasgiques d'Iassos.

La fondation de l'empire des Perses par Cyrus et les expéditions des grandes puissances orientales contre la Grèce, donnèrent à la fortification un nouveau développement sur le sol de l'Hellade.

Les villes de la côte qui avaient été primitivement établies à une certaine distance de la mer par la crainte des pirates et dont les ports étaient ainsi sans défense, entourent ceux-ci de remparts et les relient à la ville au moyen de *longs murs* parallèles entre lesquels les communications se faisaient en sûreté, *Athènes*, *Mégare*, *Argos*, *Corinthe*, en offrent des exemples. Les murailles qui entourent les ports rétrécissaient autant que possible l'entrée de ceux-ci et se terminaient généralement des deux côtés par des tours entre lesquelles on jetait une chaîne quand on voulait fermer le passage.

Quand on construit ou qu'on fortifie à nouveau les villes, on ne manque jamais d'établir des citadelles et des retranchements intérieurs. Certaines citadelles comme celles de *Lépréon* présentent elles-mêmes une muraille transversale; quand une ville est construite en terrasse sur le flanc d'une montagne, on ne manque point de donner une enceinte propre à chaque terrasse.

Les murs étaient généralement en pierre ainsi que cela devait arriver dans un pays aussi rocheux que la Grèce; cependant les historiens mentionnent certaines places comme *Mégare* et *Mantinée* dont les remparts étaient en briques; Pausanias rapporte qu'on préférait quelquefois ce mode de construction parce qu'il résistait mieux au bélier.

Dans les édifices soignés on continua à employer les pierres de taille de fortes dimensions disposées par assises horizontales avec des joints verticaux ou obliques; et on le fit, dans le siècle de Périclès, avec une perfection qui excite encore l'étonnement des voyageurs.

L'absence du mortier entre les différentes pierres a été souvent remarquée et s'explique du reste aisément. Avec de gros matériaux, la stabilité de la construction ne dépend plus, comme dans les murs formés de petits moellons, de la cohésion qui pourrait résulter de l'emploi d'un ciment quelconque, mais bien de celle qui résulte de la pesanteur des blocs. Il importe donc alors surtout que les joints soient parfaitement taillés de façon qu'il n'y ait point de porte-à-faux. D'après M. Beulé, quand il s'agissait de murs en calcaires, on commençait par dresser séparément avec la plus grande exactitude au ciseau les joints des pierres, puis au moment de la pose on frottait les surfaces de la nouvelle pierre contre les surfaces adjacentes (préalablement mouillées), de la pierre déjà en place. Le frottement de ces surfaces humides produisait une bouillie épaisse qui

achevait de dissimuler en les remplissant toutes les petites défectuosités; les blocs étant encore suspendus aux appareils de levage, la manœuvre était plus facile qu'on ne le supposerait au premier abord. Pour les joints obliques on devait user d'un procédé analogue à celui qu'a employé M. Emile Burnouf dans l'édification du bâtiment de l'école d'Athènes; les joints de deux pierres voisines étant dégrossis au ciseau de manière à former deux angles supplémentaires, on posait les deux pierres en place, on les serrait l'une contre l'autre, puis on faisait agir une scie dans le joint jusqu'à ce que les deux surfaces coïncidassent exactement.

Dans les constructions auxquelles on voulait donner une résistance exceptionnelle, on employait en outre des liens de bois ou de métal; ces derniers étaient quelquefois en bronze ou plus généralement en fer; ils étaient toujours noyés dans du plomb de façon à éviter que le fer ne s'oxydât, et par suite n'augmentât de volume. Des goujons verticaux soit cylindriques soit carrés servaient à établir les liaisons entre deux pierres d'assises voisines; ils variaient entre 2 à 3 centimètres de grosseur et 10 à 14 cent. de longueur. Les pierres d'une même assise étaient réunies par des crampons soit en double T, soit en N, soit en queue d'aronde.

Le mur du Pirée bâti par Thémistocle en 478, bien que construit à la hâte avec des matériaux de toutes sortes provenant d'autres édifices, n'a pas de mortier et ses pierres sont reliées avec des crampons de fer et du plomb.

Le mortier devait cependant être connu des Grecs qui en avaient probablement reçu l'usage des Phéniciens dans la période qui suivit la guerre de Troie: C'est en effet Thucydide qui rapporte que dans l'intérieur du mur de Thémistocle on n'avait mis ni blocage ni mortier; le même historien, contemporain des événements qu'il raconte, dit encore que lorsque Démosthène général Athénien reconstruisit en 425 les murailles de *Pylos*, les soldats manquant d'outils pour tailler les pierres, les choisissaient une à une et les assemblaient de leur mieux; fallait-il du mortier? à défaut d'auges, ils le portaient sur leur dos en se courbant pour le maintenir et en croisant les bras par derrière pour l'empêcher de tomber.

Rien ne prouve cependant que le mot πηλον, que les traducteurs rendent par *mortier* n'indique pas simplement un lut argileux; outre qu'il est assez difficile de croire que les soldats pussent ainsi porter du mortier de chaux, nous voyons, dans l'inscription relative aux réparations de l'enceinte d'Athènes (330), revenir très-souvent ce même mot, mais toujours accompagné de l'épithète *mélangé de paille*, ce qui se rapporte parfaitement au mortier de boue dont nous avons déjà parlé.

L'épaisseur des murailles varie de $2^m,50$ à $3^m,50$; leur hauteur va jusqu'à 10 mètres, mais est souvent inférieure; elles sont couronnées par un mur crénelé de faible épaisseur.

Toutes les enceintes de cette époque sont flanquées de tours presque toujours carrées et présentant une face à l'ennemi. Ces faces ont de 3 à 3 mètres $^1/_2$ à Épidaure, à Liméra; et de 5 $^1/_2$ à 7 mètres à Mantinée et à Messène. Les tours rondes présentent à l'intérieur une face plane. L'espacement des tours est de 12 mètres à Phigalie, de 25 mètres à Alée, à Mantinée. Elles ne se rencontrent que de 100 en 100 mètres à Messène.

Cette dernière place, bâtie en 369 par Epaminondas, présente le plus beau type de la fortification de cette période; on y voit encore (Planche II) des tours dont la plate-forme supérieure est garnie de créneaux et inclinée du dehors au dedans de manière à défiler les défenseurs. La porte principale est double, de sorte qu'elle présente à l'intérieur une cour circulaire où l'assaillant qui y avait pénétré se trouvait enfermé et exposé de tous les côtés aux traits de la défense.

Le tracé de l'enceinte ne paraît pas avoir été astreint à d'autre condition que de couronner les plis de terrains qui se trouvaient au pourtour de l'espace réservé à la ville; mais de cette enceinte partent perpendiculairement un certain nombre de murs isolés qui descendent ainsi vers la plaine en suivant la lignes de plus grande pente. Leur rôle, qui n'a encore été signalé par aucun explorateur, paraît devoir être, soit de cloisonner pour ainsi dire les opérations de l'attaque et les isoler les unes des autres tandis que la défense conservait à l'intérieur toute sa mobilité, soit simplement de couvrir le côté droit des soldats opérant des sorties. A Lépréon où l'on trouve un mur semblable accolé à une poterne, cette dernière hypothèse doit être admise; mais il faudrait voir si à Messène il reste des traces de poterne.

Les fossés n'existaient point habituellement dans les forteresses de cette période en Grèce; cependant Argos en avait un. Les remparts étant formés de pierres qu'on allait chercher au loin dans les carrières, on était peu porté à ce genre de défense, qui n'était employé qu'au devant des enceintes de briques dans les pays argileux ou devant les retranchements de campagne.

2e PÉRIODE.

Du IVe siècle avant J.-C. jusqu'au XIe après J.-C.

L'art de l'attaque et de la défense des places était resté jusqu'à ce moment dans l'enfance en Occident. L'assaillant, ne connaissant que quelques machines

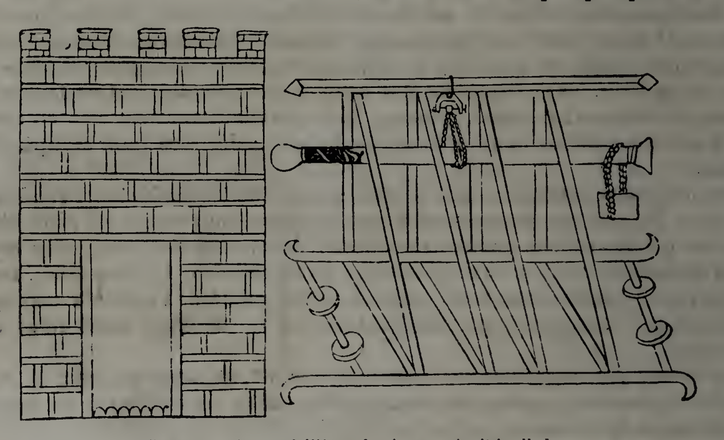


Fig. 1. — Tortue bélière, dessin extrait d'*Apollodore*.

élémentaires et sans puissance, n'essayait même pas la plupart du temps de s'en servir; il cherchait d'abord à prendre la place par ruse en profitant habilement des dissensions intestines toujours si fréquentes dans les cités helléniques; puis, si ce moyen ne réussissait pas, il s'installait solidement dans le voisinage de la place et pillait méthodiquement les environs cherchant à affamer la ville.

Tout à coup, vers le milieu du IVe siècle avant notre ère, un progrès immense s'accomplit dans la poliorcétique. Déjà en 339, Denys, tyran de Syracuse, voulant faire la guerre aux Carthaginois avait réuni autour de lui les plus habiles artisans des nations voisines qui apportèrent en Europe les inventions de l'Orient et

leurs propres perfectionnements. Les guerres de Philippe de Macédoine et d'Alexandre le Grand achevèrent de développer cet essor.

Les machines de jet, jusqu'alors peu usitées, deviennent d'un usage courant, et on arrive à en construire qui lançaient jusqu'à des masses de 10 talents (2,500 kilogrammes). On trouvera quelques détails sur leur construction et leurs effets dans notre article sur l'Artillerie.

En 340, au siége de Byzance, Polyeidos, de Thessalie, ingénieur de Philippe, perfectionne la tortue bélière, fig. 1.

Un peu plus tard, Dyadès et Chœréas, disciples de Polyeidos et ingénieurs d'Alexandre, construisent des tours d'attaques mobiles sur des roues et qui peu-

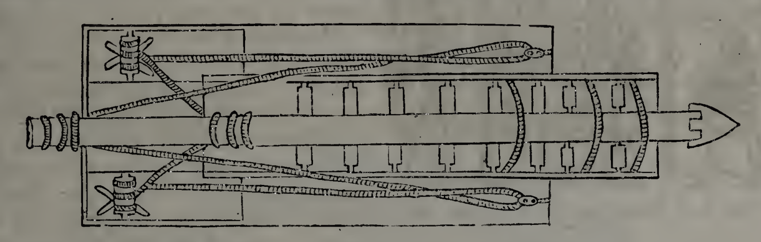


Fig. 2. — Trépan, dessin extrait d'*Athénée*.

vent se porter démontées à la suite de l'armée : ils inventent le trépan, sorte de bélier qui glissait sur des rouleaux au lieu d'être suspendu par son centre de gravité (fig. 2), ainsi que des engins propres à arracher les créneaux et à escalader les murailles.

Ænéas, (330 avant J.-C.) puis Dyadès et Philon d'Athènes (315 avant J.-C.), composèrent, pour décrire ces machines et donner les règles à suivre dans leur construction des traités aujourd'hui perdus en partie, mais qui ont servi presque exclusivement à la confection des écrits postérieurs dus à Philon de Byzance (IIe siècle avant J.-C.) à Athénée à Vitruve (IIe siècle après J.-C.) à Apollodore (IIIe siècle après J.-C.) à Vegèce (IVe siècle après J.-C.) et à tous les auteurs Byzantins jusqu'au Xe siècle.

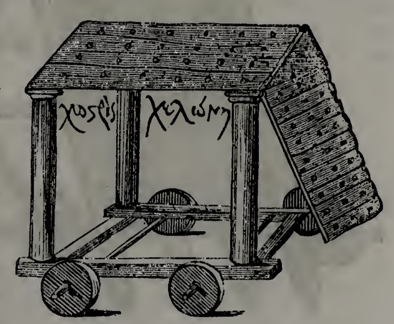


Fig. 3. — Tortue de terrassier, dessin extrait de *Héron*.

Folard, Maizeroy et les autres écrivains modernes qui se sont occupés de l'histoire de l'antiquité ont prêté aux Grecs et aux Romains les procédés de leur temps. Une attaque régulière par terre même aux plus beaux temps de la poliorcétique ancienne se réduisait presque uniformément à ceci :

L'assiégeant établissait son ou ses camps hors de la portée des projectiles de la défense et se fortifiait à la fois contre les sorties de la ville et contre les entreprises d'une armée de secours. Pendant que, dans des lieux dérobés aux vues de la place et à portée du point d'attaque projeté, il faisait construire les tours d'attaques et les machines de jet, il opérait des démonstrations tantôt d'un côté tantôt de l'autre, de telle sorte que la place s'épuisât en préparatifs de défense. Des terrassiers, à couvert sous des tortues, aplanissaient le terrain sur lequel devaient se déployer les approches, comblaient les mares, les trous, les canaux, coupaient les arbres, enlevaient les chausse-trapes, sondaient le sol et ouvraient les chemins pour les tours, fig. 3.

A proximité et en arrière de ces travailleurs, des soldats se tenaient prêts à les

secourir, à l'abri sous des galeries couvertes, fig. 4, établies parallèlement à la place aux lieux favorables et hors de la portée des gros projectiles de la défense. (αμπελοχελονη. *Vinea*).

Ces galeries étaient formées par des pieux de 0m,06 de diamètre et de hauteurs inégales, terminés à leur partie inférieure par des pointes métalliques pour pouvoir s'enfoncer dans le sol ; on les plantait à 1m,30 les uns des autres, on les reliait à leur partie supérieure par des traverses en bois, puis on garnissait les parties exposées aux projectiles, de peaux et d'étoffes que l'on avait soin de ne pas faire tendre de manière à céder un peu sous l'effort des coups :



Fig. 4. — Galerie couverte, dessin extrait de *Héron*.

L'ensemble de ces galeries prenait souvent le nom de *portique* (στοα, *porticus*), c'était de là que partaient les *mines* et les *galeries d'approche*.

Celles-ci étaient de deux espèces suivant que la ville était située en plaine ou au sommet d'une pente; dans le premier cas, l'assiégeant, qui avait surtout à craindre des coups plongeants, s'avançait à peu près directement à fleur du sol en protégeant sa tête au moyen d'une tortue à base triangulaire qui présentait aux coups de l'ennemi une arête oblique très-résistante, et était fixée dans le sol à l'aide de nombreuses pointes métalliques. En arrière on élevait des portiques dont on couvrait la partie supérieure avec de triples clayonnages et des corbeilles pleines de paille, d'algues et autres corps mous; les côtés étaient protégés par des levées de terre.

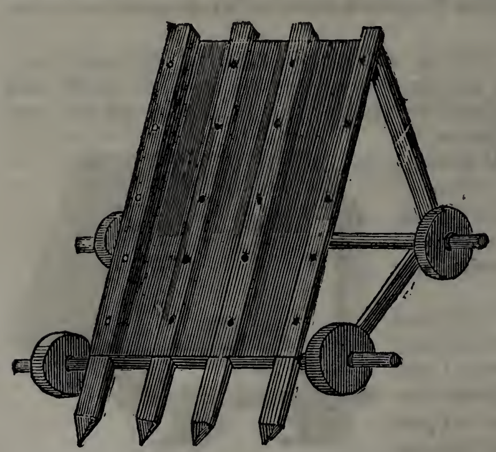


Fig. 5. — Tortue de mineur, dessin extrait de *Héron*.

Dans le second cas, où le principal danger était constitué par les masses que l'ennemi faisait descendre du haut de la pente, l'assiégé creusait de véritables tranchées obliques de manière à arrêter les corps roulants au moyen d'un épais massif de terre soutenu par un fort clayonnage et des espèces de chevalets en charpente qui déviaient et affaiblissaient le choc ; en tête on plaçait toujours une tortue triangulaire beaucoup plus résistante que celles qui étaient usitées en plaine et à laquelle on donnait le nom d'Éperon (εμβολον). Ces approches s'effectuaient sous la protection d'énormes tours en charpente cuirassées sur les trois côtés exposés à l'ennemi avec des lames de fer et des corps mous propres à amortir les chocs, munies de réservoirs d'eau et de tuyaux allant jusqu'aux étages supérieurs pour éteindre les incendies, mobiles sur des roues et pouvant se déplacer dans tous les sens. Les tours étaient armées d'une artillerie suffisante pour contrebattre avec avantage les grosses machines de jet de l'ennemi. On les amenait devant le point d'attaque et on les faisait approcher du rempart par des procédés qui ne sont pas très-bien connus.

Quand on avait comblé le fossé, on faisait brèche aux murailles soit à l'aide du bélier, soit avec des mineurs qui attaquaient directement au pic à roc la maçonnerie, abrités par des tortues spéciales, fig. 5 et 6; ceux-ci creusaient une vaste chambre dans l'épaisseur de la maçonnerie qu'ils coupaient de part en part en soutenant la partie supérieure par des étais. On mettait ensuite le feu à ces étais dont la combustion entraînait la chute du rempart.

Les béliers étaient faits avec de grosses pièces de bois qu'on armait d'une tête de fer; on assemblait généralement plusieurs poutres de façon à avoir une

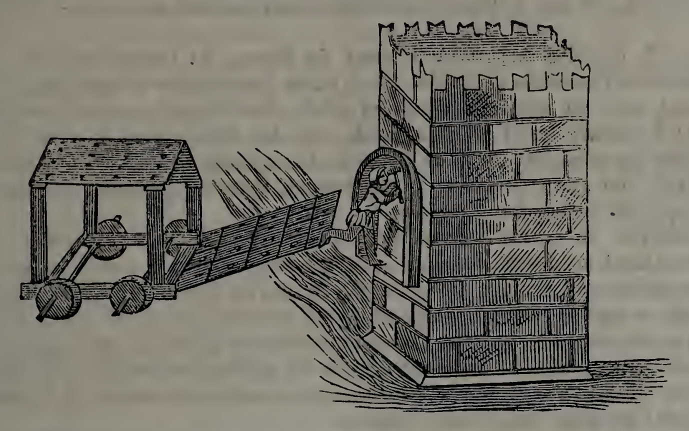


Fig. 6. — Tortue à pont volant et tortue de mineur, dessin extrait de *Héron*.

pièce de 20 à 30 mètres de long et on l'entourait toute entière de très-forts câbles enroulés et recouverts de cuirs bruts. Un bélier construit par Hégétor de Byzance avait 56 mètres de long. L'extrémité la plus mince formant tête avait $0^m,31$ sur $0^m,23$ de section et l'extrémité opposée $0^m,62$ sur $0^m,29$. La tortue qui

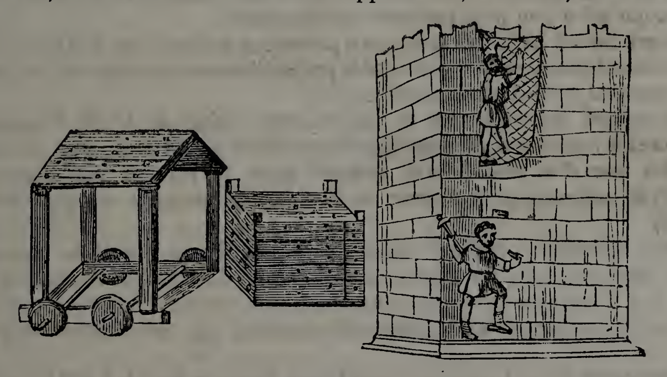


Fig. 7.

le protégeait et qui était construite en forme de tour pour contenir des défenseurs avait une hauteur de 32 mètres et une base carrée de même dimension. Elle pesait 100,000 kilos et demandait 100 hommes pour être mise en mouvement.

Ces énormes engins, que l'on connaissait vulgairement sous le nom de *Hélépoles*, étaient très-souvent munis aux étages médians de ponts volants qu'on

poussait tout à coup entre la tour et le haut du mur et par lesquels les soldats se précipitaient dans la place.

Dans quelques cas les assiégeants cherchaient à arriver au niveau du sommet des remparts en construisant d'immenses levées de terre formant plan incliné et dont la tête était protégée par un rideau mobile.

Alexandre faisant le siège de Tyr, ordonna de construire tout autour de la ville une levée circulaire de 2 stades (370 mètres) en largeur, et de 250 pieds (77 mètres) en hauteur. Sur cette levée on installa des machines et on bâtit le mur pendant que des mineurs déblayaient secrètement au-dessous des fondations.

La fig. 7, extraite des poliorcétiques de Héron, de Constantinople, montre une tentative d'escalade exécutée soit à l'aide de chevilles de fer que les soldats enfoncent avec un marteau dans les joints des briques ou des pierres de la muraille à mesure qu'ils montent, soit avec des filets munis de crochets qu'on lançait sur les créneaux où ils se fixaient. Les soldats ont traversé le fossé plein d'eau dans une sorte de caisse grossièrement figurée, qui avait été amenée à l'abri sous une tortue de terrassier.

Les assiégés se garantissaient des projectiles au moyen d'étoffes épaisses qu'ils tendaient au-dessus des créneaux; ils s'opposaient à l'effet du bélier soit par des sorties, soit en écrasant la tortue au moyen de lourdes pierres taillées en coin, soit en amortissant ses coups avec des matelas, soit en rompant son effort au moyen de pièces de bois ou même de barres de plomb qu'on laissait tomber sur lui et qu'on retirait ensuite au moyen de cordes, soit enfin en le soulevant au moyen d'une sorte de pince appelée *loup*. Contre les tours et les terrasses on employait l'incendie ou les contre-mines.

Les remparts, au lieu de se borner à enceindre les villes circulairement, se contournèrent de manière à occuper les points naturellement forts par l'assiette au moyen de saillants et à présenter entre ces saillants de vastes arcs dont la concavité était tournée vers l'ennemi. Le tracé en crémaillère devint de règle pour les longs côtés en ligne droite des forteresses qui occupent le bec d'un contre-fort et où la forme d'un triangle ayant son sommet au point le plus élevé de la croupe est à peu près imposée par la nature.

Les tours furent bâties de manière à présenter toujours un saillant à l'ennemi non-seulement pour rompre l'effort des projectiles mais encore afin de permettre un flanquement latéral plus complet.

Les courtines furent tantôt en maçonnerie pleine de $4^{m},50$ d'épaisseur au moins, tantôt formées d'un massif de terre retenu entre deux murs de parement consolidés par des contre-forts comme dans la plupart des constructions romaines et notamment à Pompei où l'épaisseur totale du rempart va à près de $6^{m},00$.

D'autres courtines, comme celles de *Rhodes* et de l'enceinte d'Aurélien à *Rome* se composaient d'un mur de masque épais de $1^{m},50$ renforcé du côté de la place par d'épais pieds-droits supportant des voûtes; au-dessus de ces voûtes régnait le terre-plein et au-dessous s'établissaient des batteries tirant à embrasure.

D'autres enfin étaient massives jusqu'à une hauteur de 5 à 6 mètres au-dessus du sol et à partir de ce niveau ne présentaient plus à l'avant et à l'arrière que des murs d'un mètre environ. Quelquefois ces murs, hauts de 4 mètres, étaient reliés par des murs transversaux percés de portes sur lesquels on jetait des voûtes ou des toits de manière à avoir une galerie couverte, quelquefois, au contraire ce terre-plein restait à découvert.

A *Pompei* où cette disposition se présente, le mur extérieur est crénelé et forme parapet, tandis que le mur intérieur également crénelé est beaucoup plus

élevé et forme retranchement intérieur; au moment d'une guerre il devait être bordé du côté de la ville par une sorte de balcon en planches mobiles soutenues par des corbeaux et destiné à porter des défenseurs. Les créneaux de l'enceinte basse présentent cette disposition remarquable que chacun d'eux est muni d'une petite traverse en maçonnerie destinée à abriter, du côté droit, les défenseurs contre les coups latéraux.

Les embrasures étaient souvent cuirassées de fer à l'extérieur et munies de côtes saillantes pour empêcher les projectiles de glisser le long des joues. La partie inférieure était très-inclinée pour servir au flanquement vertical.

Beaucoup de places, et surtout les places byzantines, possédaient en dehors de la première enceinte une seconde enceinte un peu plus basse et également munie de tours (προτειχισμα. — *Antemurale*).

Le fossé devint de règle; on lui donnait habituellement 32 mètres de largeur. Philon veut qu'il y en ait trois, comme à *Rhodes*, séparés entre eux par des *braies* larges de 18 mètres et dont le premier doit être à 30 mètres du mur. On reculait ainsi l'établissement des batteries de brèche de l'ennemi à la distance de 170 mètres, limite de la portée dangereuse pour les maçonneries solides, des pétroboles lançant les projectiles d'un talent (250 kilog.).

Les Romains n'innovèrent rien au point de vue du tracé; ils se contentèrent d'imiter les Grecs auxquels ils se montrèrent très-souvent inférieurs; mais, pour la construction proprement dite, ils furent sans rivaux. Ils introduisirent en Occident l'emploi des ciments artificiels qui paraît avoir été connu des Phéniciens, et ils élevèrent, avec de petits matériaux mis en œuvre par de simples soldats, des maçonneries qui ont défié la main du temps. Le lecteur curieux de connaître leurs procédés, ne peut trouver un guide plus sûr que le beau livre de M. Choisy sur l'art de bâtir chez les Romains.

C'est aussi le premier peuple pour lequel l'histoire fasse mention de places fortes élevées dans une même vue d'ensemble pour la défense des frontières; mais ces digues opposées au flot de plus en plus menaçant des barbares furent vaines; et elles étaient à peine achevées que la civilisation de l'ancien monde disparaissait sous l'invasion des hommes du Nord.

3e PÉRIODE.

Du Ve au XVe siècle après J.-C.

Dans les derniers temps de l'empire Romain les arts militaires étaient tombés en Occident dans un profond discrédit; les barbares envahisseurs qui ne connaissaient d'autres armes que l'épée, d'autre tactique que le combat corps à corps, achevèrent de faire oublier les traditions de la poliorcétique.

Les Francs notamment se montrèrent rebelles à la civilisation des vaincus; déjà quand ils habitaient au-delà du Rhin ils avaient, au dire de Corneille Tacite, essayé d'apprendre des déserteurs Romains la fabrication de quelques machines de guerre, mais ils étaient si peu initiés aux travaux mécaniques que, cent ans plus tard, Clovis après avoir défait Syagrius dans les champs de Soissons était obligé de mettre à la suite de son armée les intendants des machines des légions ennemies. On voit cependant en 585, au siége de Comminges, Leudégésile, général de Gontran, roi de Bourgogne, passer quinze jours à préparer des engins; il fait former des galeries couvertes pour s'approcher des remparts au moyen de chariots chargés de claies et de planches, combler les fossés au moyen de fascines et attaquer la muraille à l'aide du bélier; de leur côté les

assiégés résistent aux attaques en jetant sur les assaillants des marmites pleines de poix et de graisse enflammées.

Les capitulaires de Charlemagne font mention de la tarière sous le nom de *taretrus*; l'archevêque Turpin dit dans sa chronique que l'empereur attaqua la ville d'Angers avec des pierrières, des mangonneaux, des muscules, des béliers et même des tours de bois.

Les premiers Francs avaient horreur des villes fermées; ils avaient incendié toutes celles qu'ils avaient trouvées dans la Gaule. Les remparts eux-mêmes de beaucoup de ces cités avaient été détruits par le feu, car les Gaulois avaient pour habitude d'élever leurs fortifications avec des cadres en charpente intercalés dans les maçonneries pour les consolider; mais un peu plus tard, Brunehaut éleva une foule de constructions militaires auxquelles son nom est resté attaché : près de Bourges, d'Étampes, de Cahors, de Laon, de Tournay, à Vaudémont, à Orbe, etc.

Charlemagne établit le long des principales vallées de son vaste empire des tours d'observation, placées sur les contreforts des chaînes latérales de manière à se voir mutuellement. Il est probable qu'elles formaient une sorte de réseau télégraphique entre le pouvoir central et les frontières les plus éloignées. On trouve des tours de cette nature sur la rive gauche de la vallée du Graisivaudan. A la fin du règne de ce prince, les premières invasions des Normands forcèrent les seigneurs à élever à la hâte autour de leurs demeures des retranchements en bois; le désir de se soustraire à la domination de plus en plus débile des successeurs du grand empereur et les instincts de rapine qui se réveillaient, après avoir été un instant étouffés par la main puissante de l'auteur des capitulaires, donnèrent rapidement à ces constructions un tel essor qu'en 864 Charles le Chauve est obligé de rendre l'édit suivant. « Nous voulons et commandons que, quiconque aura fait bâtir des châteaux, des forteresses et des palissades (*castellas, firmitates, hagas*) aient à les raser et que cette destruction soit opérée avant les calendes d'août, parce que les voisins et habitants d'alentour souffrent de ces constructions, mille dépradations et rapines, et si ceux qui les ont bâties ne veulent pas les détruire, que nos comtes les détruisent eux-mêmes ».

L'audace croissante des Normands qui, remontant les fleuves sur de frêles barques, s'aventuraient jusques au cœur de la France, rendit inutiles les édits du pouvoir central. On continua à élever à la hâte des châteaux en bois sur des mottes naturelles ou artificielles et à les entourer d'un parapet de terre couronné par une haie ou une palissade et précédé d'un fossé.

De pareilles fortifications se prenaient par l'escalade et surtout par l'incendie; jusqu'au milieu du XIIe siècle l'histoire abonde en récits d'attaques de ce genre; mais quand on avait affaire à des villes il fallait bien recourir aux anciennes machines. Au siége de Paris par les Normands, de 885 à 887, on voit les assiégeants employer le muscule pour attacher le mineur au mur, les mantelets, les catapultes, les balistes, les manganes (nouvelle espèce de machines de jet), les falariques (flèches incendiaires), les béliers sous le nom de *carcamuses*, protégés par des tortues mobiles sur 16 roues et pouvant contenir 60 hommes armés.

Lothaire, assiégeant Verdun en 985, commence par tenter une attaque en faisant avancer contre le mur, sous la protection des arbalétriers, des soldats qui formaient la tortue avec leurs boucliers; cette tentative ayant échoué, les assiégeants s'établissent autour de la ville et construisent une ligne de contrevallation. Il élèvent ensuite une tour en bois à deux étages que l'on fait avancer au moyen de câbles passant sur des poulies placées en avant et tirées par des bœufs qui, marchant en s'éloignant de la ville, étaient protégés par la tour elle-même.

De leur côté les assiégés construisent une machine semblable mais inférieure en hauteur et en force; Lothaire la renverse au moyen de crochets de fer attachés au bout de longues cordes; il fait en même temps établir un énorme bélier suspendu sur un chariot porté par trois roues, mais les ennemis effrayés des ressources inusitées que déployait l'attaque se rendent sans attendre la brèche.

Au XIe siècle on commença à rechercher les ouvrages des anciens, relatifs à l'art militaire. Geoffroy Plantagenet, assiégeant le château de Montreuil, avait avec lui le traité de Végèce. Les moines eux-mêmes se livraient à la mécanique; plusieurs d'entre eux furent, dans les croisades, d'excellents ingénieurs et ceux qu'une humeur plus paisible retenait au fond de leurs couvents se complaisaient, en écrivant leurs chroniques, à la description détaillée des engins de guerre.

La fortification fit aussi à cette époque quelques progrès. Aux donjons de bois succédèrent peu à peu des donjons de pierre carrés; les palissades furent remplacées par des murailles flanquées de tours formant quelquefois plusieurs enceintes; l'espace compris entre ces enceintes s'appelait *Baille* (lieu où l'on bataille). Toute l'attention des ingénieurs se concentre sur les précautions contre les surprises, sur la défense pied à pied et les issues en cas de retraite. Un grand nombre de donjons n'avaient que des portes étroites percées à une grande hauteur au-dessus du sol; dans quelques-uns même on ne pouvait parvenir dans l'intérieur qu'à l'aide d'un panier attaché au bout d'une longue corde passant sur une poulie. Des souterrains débouchant à une grande distance du château permettaient de s'approvisionner au dehors et de quitter la forteresse quand il était devenu impossible de la défendre. On conçoit de quelle importance il était que ces dispositions intérieures fussent un secret pour l'ennemi; aussi le métier d'ingénieur était-il quelquefois fort dangereux. ORDERIC VIDAL rapporte qu'ALBÉRIDE, femme de Raoul, comte de Bayeux, après avoir achevé la forteresse *d'Ivry* fit trancher la tête à l'architecte LANFREY qui avait dirigé les travaux, afin d'empêcher cet homme, qui passait pour un maître en son art, de faire un pareil travail pour d'autres seigneurs.

Les croisades vinrent à propos pour empêcher la fortification de s'absorber ainsi dans les perfectionnements de détail; elles apprirent aux peuples de l'Occident à rester longtemps réunis en troupes nombreuses sous les mêmes drapeaux; elles leur donnèrent l'occasion d'attaquer des places habilement fortifiées et courageusement défendues; elles secondèrent le mouvement qui entraînait les ingénieurs vers l'étude de l'antiquité en leur permettant de voir les applications des principes qu'ils avaient lus dans les livres; elles développèrent enfin la puissance des grands feudataires et des villes aux dépens des petits seigneurs qui pour la plupart avaient engagé leurs fiefs afin de prendre part à la croisade.

De ces différentes causes résultèrent pour la science de l'ingénieur militaire des conséquences importantes.

Les fortifications destinées à renfermer des garnisons plus nombreuses prennent des dispositions plus larges, propres à favoriser les retours offensifs; les dehors s'introduisent sous le nom sarrazin de *barbacanes* pour couvrir les portes ou les ponts; les enceintes extérieures, appelées *lices*, sont perfectionnées; les poternes se multiplient et mettent en communication par un grand nombre de points, les différentes enceintes et les dehors.

De son côté l'attaque est obligée de marcher avec plus de précautions contre les sorties; les lignes de contrevallation et de circonvallation sont remises en usage; les tranchées couvertes commencent à apparaître; les tours de bois et les engins de toutes espèces se perfectionnent; enfin la mine négligée depuis longtemps redevient le principal moyen pour ouvrir la brèche.

Contre ce terrible ennemi la défense accumule les précautions. Dès le commencement du XIIe siècle les tours cessent d'être pleines dans leur partie infé-

rieure; on y creuse des étages à partir du sol du fossé, du niveau de l'eau ou de l'arase des escarpements du rocher; la salle la plus basse n'a d'autre ouverture qu'un œil placé au sommet de la voûte par lequel on pouvait écraser le mineur s'il parvenait jusque-là. Les différents étages sont percés de meurtrières se chevauchant de manière à envoyer des traits dans toutes les directions; des meurtrières sont également percées dans les courtines surtout lorsque des logis sont adossés à celles-ci. Le flanquement est complété soit par des *hourds*, sorte d'échafauds en bois que l'on élevait lors des siéges au sommet des tours et des courtines, soit par une suite d'arcs en tiers-point laissant entre eux et le parement extérieur du mur un espace vide propre à jeter des pierres et de lourdes pièces de bois qui, tombant en travers, brisaient infailliblement les petites tortues appelées alors *chats* ou *taupes* et les parois sous lesquelles s'abritaient les pionniers. Quelques ingénieurs cherchent même à renforcer le flanquement au moyen du tracé, en composant celui-ci d'une série d'arcs de cercle comme à Château-Gaillard et au donjon d'Étampes. Les angles saillants de la fortification sont munis de tours plus fortes que les autres, flanquées à de courtes distances par des tours plus petites; souvent le saillant principal, point le plus favorable de l'attaque, est détaché du reste de l'enceinte ou muni d'un retranchement intérieur.

Pour empêcher les murs de s'écrouler en entier, quand une partie a été détruite par la mine ou le bélier, on emploie un procédé déjà indiqué par Philon, de Byzance, et l'on encastre à l'intérieur des maçonneries des pièces de bois horizontales de $0^m,20$ à $0^m,30$ d'équarrissage. Vers la fin du XIIIe siècle on commence à revenir aux voûtes en décharge.

On garnit la partie antérieure des tours d'une sorte de coin destiné à leur donner un saillant vers l'ennemi. On étend bientôt cette disposition aux murs des courtines qui ont alors leur pied muni d'un empâtement en talus qui s'élève quelquefois jusqu'à 4 mètres en doublant l'épaisseur de la construction primitive au ras du sol. Enfin l'on abandonne pour les donjons la forme carrée et l'on adopte la forme ronde, qui d'un côté se prêtait mieux à l'architecture ogivale et de l'autre donnait lieu à des toits où les matières incendiaires avaient moins de prise.

Tous ces perfectionnements s'appliquèrent presque exclusivement d'abord aux demeures féodales. Les villes, où dominait l'élément bourgeois infiniment plus porté à faire fructifier son argent dans le négoce qu'à l'enfouir dans des remparts, ne possédaient pour la plupart que de faibles remparts en maçonnerie ou même de simples palissades : quelques-unes, mais en petit nombre, suivant les traditions qui leur étaient venues d'Orient, étaient munies d'une double enceinte et quelquefois d'un triple fossé; l'espace entre les fossés s'appelait *braye* et celui qui était entre le fossé intérieur et le rempart, *fausse braye*. Aussi voyons-nous, au moment où commença la guerre de cent ans, le roi d'Angleterre Edouard III, descendu en Normandie, s'emparer presque sans coup férir des villes de Barfleur, Carentan, Saint-Lô et Caen, tandis qu'il échoue devant les châteaux de Cherbourg et de Vernon.

L'apparition de l'artillerie à feu dans les armées produisit peu de changement dans la fortification tant que le projectile fut en pierre. Le boulet continua à se briser contre les murs épais des forteresses, et les machines incendiaires que projetaient les nouvelles pièces eurent seulement pour effet de hâter le remplacement des hourds en bois par les *machicoulis* en pierre. Louvain et Diest qui se fortifièrent en 1356, Bruxelles et Alost en 1367, Ypres en 1388 et 1396, Namur de 1383 à 1414 élèvent des murailles de même forme et de même épaisseur qu'au siècle précédent, seulement les *archières* verticales, horizontales

ou cruciformes sont remplacées par des ouvertures circulaires surmontées de fentes horizontales ou verticales pour le tir des bouches à feu; on remplace en outre les toits des tours par des plates-formes pour pouvoir y mettre des canons.

Enfin les portes en bois qui étaient sérieusement endommagées par les boulets sont défendues avec plus de soin; on commence à les protéger quelquefois par une large tour demi-circulaire basse, origine de nos *demi-lunes*.

Quant à la guerre de siége, elle s'était peu à peu perfectionnée et suivait alors des règles à peu près fixes qu'a énumérées dans un livre très-curieux à plus d'un titre, une femme célèbre, Christine de Pisan.

On commençait généralement par établir en face du côté choisi comme point d'attaque une ligne d'archers pour tirer aux défenses; ces archers étaient protégés par d'autres soldats portant de grands boucliers appelés *pavois*. On essayait alors de profiter du trouble des défenseurs soit pour escalader les murailles, soit pour les saper après avoir comblé le fossé. Quand une entreprise de ce genre ne réussissait pas, on avait recours au siége en règle. Les assiégeants fortifiaient leur camp en l'entourant soit de lignes continues, soit de *bastilles*, petites redoutes isolées qui s'établissaient principalement aux abords des routes pour en défendre l'accès aux ennemis. La nuit on s'approchait secrètement de la ville et on construisait à la hâte des *taudis* (sorte de gabionnade analogue à nos demi-places d'armes) destinés à recevoir des batteries et une garde contre les sorties. On reliait ensuite ces taudis au camp à l'aide de tranchées qu'on poussait ensuite jusqu'aux fossés en les blindant dès que le commandement élevé des remparts l'exigeait. Ces tranchées ainsi blindées portaient souvent le nom de *mines*.

Quand on était arrivé au bord du fossé on le comblait à l'abri d'une tortue appelée *mossele* ou *motelle* par corruption du latin *musculus*.

Le canon étant encore impuissant contre les épaisses murailles des places fortes, on s'en servait surtout pour tirer aux défenses et briser les portes; pour faire brèche on avait encore recours soit au bélier dont l'emploi devenait de plus en plus rare, soit à la sape. Celle-ci avait lieu à l'abri de certaines espèces de tortues, désignées dans les anciens auteurs sous les noms de *chats* et de *vignes*, pendant que les tours de charpentes, sous le nom de *beffrois*, amenaient les assaillants sur le sommet des remparts à l'aide de ponts-levis.

Les mines et les contre-mines jouent un très-grand rôle dans les siéges de cette époque. Les partis ennemis se cherchaient sous terre; quand ils s'étaient rencontrés, d'un commun accord les travaux cessaient; on plantait une barrière au point de jonction des deux galeries; des hérauts en constataient la solidité, proposaient le prix du tournoi et en fixaient le jour; il eut été contre l'honneur de surprendre la ville par cette ouverture. A la date convenue, les adversaires arrivaient munis d'armes courtes et de boucliers particuliers, présentant une sorte de poche fortement grillée dans laquelle était fixée une lanterne. Au son de toutes les musiques le combat commençait, par groupes plus ou moins nombreux suivant la largeur de la mine, et ne se terminait que quand les gentilshommes des deux camps avaient tous eu l'honneur d'y prendre part. Les jeunes écuyers qui avaient la bonne fortune de conquérir à un siége leurs éperons d'or faisaient la veillée des armes dans la mine au lieu de la faire dans une chapelle suivant l'usage et se décoraient ensuite du titre de *Chevalier des mines*. Ce fut au moment où la poliorcétique propre au moyen-âge était dans tout l'éclat de sa floraison qu'une innovation en apparence peu importante vint modifier complètement non-seulement l'art des siéges, mais encore la manière de combattre en rase campagne.

4e PÉRIODE.

du XVe au XIXe siècle.

A la fin du xve siècle, les frères Bureau substituèrent aux boulets de pierre les boulets de fer; ce simple changement permit d'avoir des pièces de plus petit calibre et par suite à la fois plus légères et plus résistantes. On put alors augmenter la charge; de là, accroissement de vitesse et de force vive dans le projectile qui, plus dur que la maçonnerie, s'y enfonça et, lancé avec précision, pût opérer, pour ainsi dire à volonté, de véritables sections dans les murailles les plus épaisses.

Les ingénieurs qui avaient cherché à renforcer les murs en les terrassant à l'intérieur, reconnurent bientôt que ce procédé était insuffisant et que le seul efficace consistait à ne présenter au projectile ennemi que des masses de terre où celui-ci pouvait s'enfoncer pour ainsi dire impunément. Ils revinrent au système de Philon; après avoir dérasé leurs tours et leurs courtines à la hauteur minimum pour braver l'escalade, ils les protégèrent par de fortes braies en remblai élevées entre deux fossés, dont la défense intérieure était assurée par de petites casemates transversales appelées *moineaux*.

Peu à peu on renonça aux doubles ou triples fossés et l'on se contenta d'un fossé unique mais très-profond, précédé d'un *chemin couvert*, dont le remblai arrivait à dérober aux vues de l'ennemi le sommet de l'*escarpe*; les tours s'agrandirent de manière à présenter de larges plates-formes où l'on installa les grosses pièces d'artillerie, disposition à laquelle les Grecs n'avaient même pu songer à cause des dimensions énormes de leurs engins. Les tours pentagonales devinrent ainsi des bastions et l'importance d'un flanquement exact se fit de plus en plus sentir à mesure que l'on eut à sa disposition des armes d'un tir de plus en plus précis. Les architectes italiens furent les premiers dans les temps modernes à essayer de combiner les lignes d'un *front* suivant des idées théoriques; mais ils ne tardèrent point à être suivis dans cette voie par les autres nations. Dans les principales d'entre elles, on vit alors se former des *systèmes* appropriés au génie de leurs soldats.

Les Italiens, à la fois rusés et entreprenants, abritent leurs flancs casematés sur plusieurs étages au moyen d'*orillons*, ce qui leur permet de garder intacte jusqu'à la fin du siége la pièce flanquante qu'ils appellent *la traditore* (la traîtresse). En même temps ils adoptent toutes les dispositions propres à favoriser l'offensive; ils inventent la *demi-lune*, qui couvre les débouchés ouverts au milieu des courtines et reporte en avant l'action de la place sur la campagne; enfin ils perfectionnent les chemins couverts, les redoublent souvent et les munissent de places d'armes pour le rassemblement des sorties.

Les Espagnols se préoccupent surtout de la défensive; ils gardent les hauts reliefs, préférant s'exposer aux coups, mais voir au loin ce qui se passe; partout ils construisent des *retranchements* et des *réduits*; au lieu de demi-lunes, ils emploient comme ouvrages avancés des fortins capables de se soutenir par leurs propres forces.

Les Hollandais, habitant un pays où il suffit d'enfoncer la pelle dans le sol pour faire jaillir l'eau et où les maçonneries sont très-difficiles à établir, durent avoir recours à de très-larges fossés pour se constituer un obstacle suffisant et se procurer les terres nécessaires aux remblais de leur rempart; l'absence de toute hauteur dont ils eussent à se défier ne leur imposait point du reste l'obligation de forts reliefs. Flegmatiques par tempérament, ils se renfer-

mèrent encore plus que les Espagnols dans les dispositions de la défensive la plus passive; ils s'entourèrent de plusieurs enceintes presque circulaires et concentriques. Riches et très-conservateurs, ils perfectionnèrent les abris blindés pour les hommes et les munitions.

Les Suédois, placés au milieu des mers, obligés de chercher dans le commerce les ressources que leur refusait un sol ingrat, eurent surtout à fortifier leurs ports. Aux vaisseaux de bois, ils opposèrent des tours de pierre et, pour répondre aux feux étagés de leurs ennemis, ils superposèrent les casemates; familiers avec la mer, habitués à vivre et à combattre dans des espaces étroits, ils multiplièrent ces abris voûtés en resserrant leurs dimensions et en adoptant pour les armer les modèles en usage dans la marine.

L'École française enfin, procédant directement de l'école italienne, s'en distingua pourtant par l'exclusion des casemates de combat et le besoin d'agir à ciel ouvert. Cette exclusion, érigée en principe, devait amener les Français à conserver plus longtemps que tous les autres peuples le tracé bastionné qui seul peut, en effet, sans casemates, fournir du haut du rempart le flanquement indispensable à toute fortification permanente. Mais si, aujourd'hui, en présence d'une artillerie nouvelle, ils ont été conduits à l'abandonner, ils ont eu du moins l'honneur de l'avoir amené au plus haut degré de perfection qu'il put atteindre. Errard, de *Bar-le-Duc*, le chevalier de Ville, le comte de Pagan et le maréchal de Vauban se distinguèrent successivement parmi nos ingénieurs. On vit alors s'introduire ou se régulariser l'emploi des *cavaliers*, élévations de terre que l'on pratique sur le terre-plein du rempart pour y placer des batteries qui découvrent au loin la campagne et qui incommodent l'ennemi dans ses approches; des *contregardes* et des *tenailles*, sortes de digues ou fausses brayes placées au milieu des larges fossés pour protéger les maçonneries des bastions et des courtines; des *masques* et des *glacis*, remblais terminés par des pentes douces battues par le feu de la place et destinées soit à boucher les trouées des fossés, soit à protéger le chemin couvert.

Le public se méprend généralement sur les véritables titres de gloire de Vauban; il le considère comme ayant inventé, pour ainsi dire de toutes pièces, le système de fortification bastionné; on a vu qu'il n'en était rien. Vauban se contenta d'appliquer les idées de ses prédécesseurs avec son extrême sûreté de jugement et la plus grande expérience de la guerre de siége qui fut jamais; mais là où il se montra véritablement créateur, c'est dans l'attaque des places. Les *parallèles successives* et le *tir à ricochet*, qu'il inventa, les unes au siége de *Maëstricht* (1672), l'autre au siége de *Philisbourg* (1688) ont fait une véritable révolution dans le poliorcétique et ont permis de transformer les hasards de la guerre en une véritable opération mathématique.

Voici ce qui, après Vauban, constitua jusqu'à nos jours, la marche générale d'une *attaque en règle*.

L'assiégeant commençait par investir la place, c'est-à-dire par l'entourer de troupes, de manière à interrompre toutes les communications avec l'extérieur; puis il procédait aux cheminements conduits avec méthode dans le but de se rendre maître de tout le terrain en arrière, de le protéger en cas de sortie, de permettre de s'avancer vers la ville avec moins de danger et enfin d'amener l'artillerie aux points où elle peut s'établir efficacement.

Ces cheminements sont des *tranchées* composées d'un chemin creux protégé par un remblai. Le premier cheminement que l'on établissait hors de la portée efficace du canon, c'est-à-dire à 600 ou 700 mètres de la place, était conduit parallèlement au pourtour de l'enceinte, sur une étendue suffisante pour embrasser deux ou trois fronts; de là son nom de *première parallèle*. On

tâchait de l'ouvrir de nuit et par surprise en faisant garder les travailleurs par une troupe armée et on disposait ses extrémités de façon à les protéger contre les mouvements tournants; elle servait d'abri pour mettre en bataille les troupes destinées à protéger les travaux ultérieurs : aussi l'appelait-on autrefois *place d'armes*.

La première parallèle étant ouverte, on part à la fois, de plusieurs de ses points situés sur le prolongement des bissectrices ou *capitales* des ouvrages de la place (parties les moins bien battues par le feu de la défense) et l'on creuse une tranchée rectiligne oblique, laissant d'un même côté, à gauche par exemple, les fortifications vers lesquelles elle tournera son remblai et son talus extérieur, de telle manière que les assaillants soient à couvert; au bout d'un certain temps, on se retourne et on fait de même en laissant les fortifications à droite; on avance ainsi en zigzags jusqu'à une seconde parallèle située à moitié distance entre la premiere parallèle et la place.

Tous ces travaux se font de nuit et sous la protection non-seulement de la *garde de tranchée*, mais encore des *batteries* que l'on s'est hâté d'établir en avant de la première parallèle; ces batteries sont disposées de manière soit à *contrebattre* les ouvrages, c'est-à-dire à tirer directement sur les canons qu'elles voient sur les remparts, soit à *ricocher* les faces. Dans le tir à ricochet, le boulet lancé par une charge plus faible et sous un angle plus grand fait une suite de bonds comme la pierre qu'on jette en rasant la surface de l'eau et va frapper plusieurs fois les objets qui se trouvent dans sa direction; les batteries qui exécutent ce tir sont placées sur le prolongement des faces, et leurs boulets, franchissant le parapet de la face voisine grâce à leur trajectoire courbe, viennent prendre en *rouage* les affûts d'artillerie. Des batteries de mortier *à tir plongeant* complètent les effets du tir à ricochet.

La seconde parallèle est, pour ainsi dire, la seconde étape dans la marche vers la place; la garde de tranchée s'y transporte : quelquefois aussi on y amène les batteries de la première parallèle. L'assiégeant en part de nouveau, le long des capitales, au moyen de zigzags de plus en plus courts, dont les retours couvrent la partie en arrière et qui sont exécutés d'abord à la *sape volante*, puis à la *sape pleine*. Des *demi-places d'armes* sont creusées de distance en distance sur les côtés des cheminements pour soutenir les travailleurs.

A une cinquantaine de mètres du chemin couvert, on construit à la *sape pleine* une *troisième parallèle* où l'on place des batteries de mortiers pour tourmenter de plus près les défenseurs. De là on s'avance encore au moyen de la sape pleine soit *simple*, soit *double* jusqu'au chemin couvert que l'on *couronne* sur toute l'étendue des attaques, formant ainsi une sorte de quatrième parallèle où l'on établit d'abord des *cavaliers de tranchée*, inventés par Vauban pour faciliter ce couronnement pied à pied en dominant les défenseurs, puis des *batteries de brèche* et des *contre-batteries* destinées à protéger celles-ci contre le canon de la place en le battant directement.

Pendant que les batteries effectuent les brèches, on creuse en tunnel les *descentes de fossé*, puis on passe le fossé en sape pleine et enfin on couronne le *nid de pie*, qui est la partie du rempart de forme semi-circulaire voisine du sommet de l'éboulement causé par la brèche.

Le rôle de la défense consiste à effectuer quelques sorties pour culbuter les travaux de l'ennemi et surtout à écraser ceux-ci par son feu de manière à retarder autant que possible l'établissement des batteries et l'avancement des sapes.

Ces sapes, que je n'ai pu qu'énumérer sans les décrire, sont toutes exécutées,

même aujourd'hui, au moyen de *gabions*, sortes de cylindres sans fond en clayonnages remplis de terre ou de fascines. Il y aurait là un perfectionnement important à apporter et il ne paraît point impossible, avec les ressources de l'industrie moderne, de construire une machine à déblai blindée en acier, ne présentant au canon de la défense qu'une surface légèrement convexe, presque à fleur du sol et opérant avec rapidité, à l'aide d'un seul soldat qui la dirige, la section du sol sur $1^m,50$ de profondeur et environ 1 mètre de largeur. Dans la trace ainsi ouverte, des travailleurs pourraient, à l'abri, rejeter les déblais du côté de l'ennemi et achever d'élargir la tranchée.

Actuellement, on est parvenu, dans les travaux de sape, à se préserver contre les balles de fusil rayé, tirées presque à bout portant, en abandonnant les anciens plateaux de chêne pour les remplacer par des boucliers en tôle d'acier du Creusot de 0,08 à 0,10 d'épaisseur.

C'est à Vauban qu'il faut faire remonter également la première organisation d'ensemble pour la défense de la France. Jusqu'à Louis XIV, la monarchie avait été à l'état de formation; les frontières se reculaient de jour en jour. Le sol de l'Europe étant alors couvert de petites forteresses léguées par l'organisation féodale, nos rois construisaient peu de places neuves, se contentant de renforcer celles qui prenaient de l'importance et de délaisser les autres.

Quand les succès du grand roi eurent étendu la France jusqu'aux frontières qu'on put considérer comme naturelles, Vauban fut chargé de nous en assurer la possession. Dans les montagnes, il se préoccupa surtout d'occuper fortement les nœuds des principales vallées et dans les pays ouverts, comme sur notre frontière du Nord, il conçut l'idée d'une double ligne de places fortes, à l'imitation, dit-il, des ordres de bataille.

Les places devaient être éloignées les unes des autres de 6 à 7 lieues, et celles de la deuxième ligne vis-à-vis des intervalles de celles de la première afin que les garnisons pussent toujours se porter à mi-chemin des places voisines pour s'opposer au passage des partis ou des convois ennemis avec certitude de pouvoir être rentrées dans la place avant la nuit.

5e PÉRIODE.

La poliorcétique contemporaine.

Déjà dans les dernières années du XVIIe siècle, alors que les ingénieurs français, se préoccupant surtout de la défense pied à pied, compliquaient à qui mieux mieux les tracés de VAUBAN au moyen d'une série de petits ouvrages destinés à assurer le flanquement mathématique de toutes les parties de la fortification, l'expérience de la guerre avait fait ressortir les graves inconvénients présentés par le système bastionné, tel qu'on l'entendait à cette époque, en présence de l'importance toujours croissante de l'artillerie.

Un officier de cavalerie de notre armée, le comte de MONTALEMBERT devint le chef d'une nouvelle école. Il montra que le prolongement des faces des bastions se dirige vers l'assiégeant comme pour lui donner la facilité de construire ses batteries de ricochet, et que ces batteries, après avoir enfilé les faces, allaient frapper à dos les défenseurs des flancs. La courtine seule est presque toujours garantie de ces inconvénients et n'a à subir que le tir direct. Il fallait donc, d'après lui, donner à ces courtines le maximum de longueur, ce à quoi on arrivait en supprimant complétement les bastions; quant au flanquement du fossé, on l'obtenait au moyen d'un petit ouvrage situé au milieu de chaque courtine devenue main-

tenant l'un des côtés du *polygone* circonscrit à la ville, particularité qui a fait donner à ce système le nom de *système polygonal*.

L'ouvrage dont je viens de parler, analogue aux *moineaux* du moyen âge, fût appelé *caponnière* parce qu'il était situé sur le nouveau front à la même place qu'une communication *couverte*, et pour cela ainsi nommée, qui menait du milieu de la courtine à la demi lune dans le tracé bastionné. Il était formé de deux étages de voûtes superposées avec une couche de terre au-dessus ; sous chacune de ces voûtes il y avait un canon à embrasure. D'après Montalembert, on ne pouvait prendre la place qu'après avoir rendu le passage du fossé libre en détruisant la caponnière flanquante ; on ne pouvait détruire celle-ci qu'en établis-

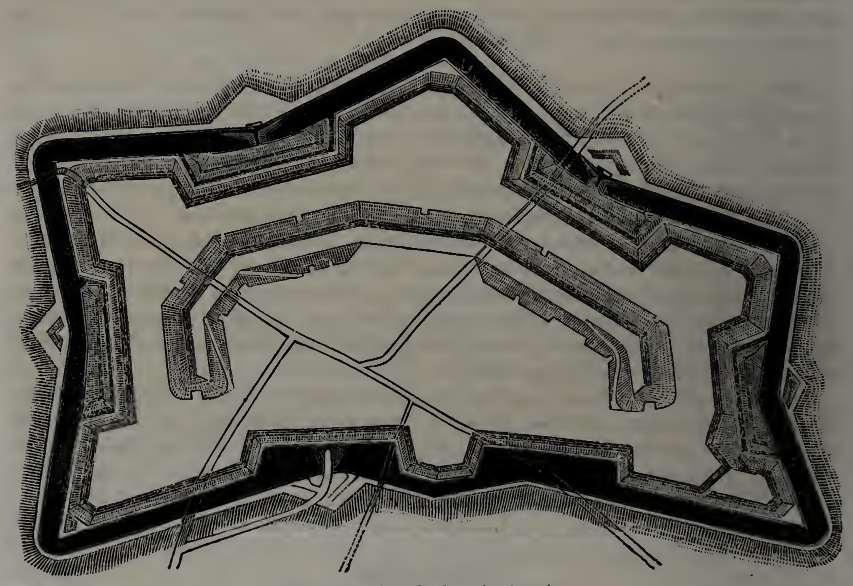


Fig. 8. — Plan du fort de Queuleu.

sant des batteries sur le bord du fossé ; mais ces batteries en terre ne pouvant avoir qu'un étage, les deux étages de la caponnière auraient une supériorité écrasante et empêcheraient cet établissement.

Un peu plus tard Carnot reprocha au mur d'escarpe du système classique d'être employé à soutenir un massif de terre qui contribue à sa chute quand il est battu par le canon et qui, de plus, forme, quand le mur est tombé, un talus d'éboulement facilitant l'accès de la brèche ; pour remédier à cet inconvénient, il proposa d'isoler le mur d'escarpe en prolongeant le talus extérieur presque jusqu'au fond du fossé et de l'utiliser encore pour la défense en le crénelant et en le faisant précéder à l'intérieur d'une banquette pour la fusillade. Carnot eut également l'idée de placer, dans l'intérieur même la place des batteries de mortier destinées à tirer par dessus le rempart sur les travaux des assiégeants, mode de tir déjà usité chez les Grecs de l'antiquité.

Ces idées nouvelles étaient sujettes à des objections qui ne leur firent point faute de la part du corps du Génie français auquel il répugnait d'abandonner la voie tracée par son fondateur ; mais elles prévalurent à l'étranger et dès 1815 on a construit en Allemagne, en Russie, en Angleterre et en Belgique des fortifications polygonales auxquelles chaque pays a donné le cachet de sa nationalité. C'est

au général du Génie belge Brialmont que revient l'honneur d'avoir été le porte-drapeau de la nouvelle école.

L'invention des canons rayés et la prépondérance énorme qu'elle donna subitement à l'artillerie dans toutes les choses de la guerre détermina la France à suivre le mouvement et les forts de *Metz* furent un premier pas dans cette voie.

C'est là qu'on a commencé à appliquer dans notre pays à une place de guerre ordinaire le système des *forts détachés* que l'on avait réservé jusqu'alors aux capitales et aux ports militaires dont il fallait préserver contre le bombardement les richesses et les approvisionnements de toute nature. Ces forts couronnaient une première ceinture de hauteurs qui environnaient la ville à une distance moyenne de 3 à 4 kilomètres; s'engageant timidement dans une voie nouvelle, les ingénieurs avaient commis la faute de ne point les porter à quelques kilo-



Fig. 9. — Vue de la caserne-cavalier de Queuleu.

mètres plus loin sur une seconde série de hauteurs que les Prussiens se hatèrent d'occuper lors du siége de 1870.

Chaque fort était muni d'une enceinte bastionnée; mais, en arrière de cette enceinte classique, on éleva des casernes voûtées qui furent mises à l'abri du bombardement au moyen d'un parapet relié au terre-plein bas par un long talus à terre coulante. Le terre-plein du haut fut préparé pour recevoir une nombreuse artillerie destinée à tirer par dessus l'enceinte. Nous donnons ci-contre le plan du fort de *Queuleu* (fig. 8) et dans les planches le détail de l'entrée du fort *Saint-Julien*.

Les forts de *Metz* sont remarquables à plus d'un titre, ils accusent une véritable renaissance dans l'architecture militaire, tant au point de vue décoratif qu'au point de vue de l'art des constructions. La figure 9 qui représente la façade en construction de la caserne-cavalier de *Queuleu* (en 1870) et la planche relative au fort *Saint-Julien* en donnent la preuve au lecteur.

Dans les nouveaux forts qui viennent d'être élevés autour de Paris, le corps du Génie français s'est décidé à renoncer au tracé bastionné. On effectue le flanquement au moyen de caponnières situées, non plus au milieu des côtés du polygone mais aux sommets de ce polygone. Quelquefois ces caponnières n'ont vue que d'un côté sur les fossés de l'ouvrage; on leur donne alors à cause de la forme qu'elles affectent le nom d'*ailerons*. Quelquefois elles ont vue à la fois sur les

fossés des deux faces voisines et sont dites alors caponnières doubles. On trouvera dans les planches les détails de l'une des moitiés d'une de ces caponnières doubles construites dans le camp retranché de Paris (1); les *visières* qui protégent les embrasures sont suffisamment saillantes pour empêcher le coup le plus bas des contre-batteries d'entrer dans l'intérieur de l'ouvrage. Les fossés ont moins de 10 mètres de largeur; on les a réduits ainsi à leur minimum afin de défiler le mieux possible les maçonneries de l'escarpe contre les coups de l'ennemi qui, avec les nouvelles pièces, arrivent sous une inclinaison de 1 mètre de hauteur pour 4 mètres de base; l'escarpe a été quelquefois remplacée pa un *mur à la Carnot;* on l'a même supprimée dans certains forts, en se contentant alors pour tout obstacle d'une haute contrescarpe revêtue.

Comme à *Metz*, il y a, du côté de l'ennemi, une première enceinte basse pour la mousqueterie; puis, en arrière, un cavalier élevé servant de terre-plein à l'artillerie et de masse couvrante pour les logements de la garnison. En arrière du cavalier se trouve un parados, qui protége contre les feux de revers les défenseurs de la gorge, et dans la partie inférieure duquel on a ménagé des casemates pour les mortiers rayés qui enverront leurs projectiles vers l'ennemi par dessus le cavalier.

Dans un certain nombre de forts récemment construits en pays de montagne, on a pu éviter le parados en établissant la fortification sur d'étroites langues de terre; le peu d'épaisseur de l'ouvrage permet alors aux défenseurs de la gorge d'être complétement abrités par le relief du front.

On a pris de très-grandes précautions non-seulement pour garantir l'artillerie destinée à la défense du fossé, artillerie qui, nous l'avons vu, reste à l'abri dans les casemates jusqu'à la fin du siége, mais encore pour préserver les canons placés sur le cavalier. Chaque canon est compris entre deux traverses; chaque traverse contient un abri voûté à l'épreuve de la bombe où les défenseurs les plus proches peuvent se réfugier momentanément quand il en est besoin. De plus c'est sous cette casemate que les projectiles et la poudre parviennent à la bouche à feu, au moyen d'un mécanisme qui les prend dans les galeries inférieures et les monte sur le rempart. Tous les mouvements de personnel et de matériel s'opèrent aujourd'hui à couvert et les défenseurs du rempart n'ont à sortir de leurs abris qu'au moment où ils chargent ou font feu. Des affûts particuliers, dits *affûts à éclipse*, permettent même aux pièces de s'élever au-dessus de la crête uniquement pour le pointage et le tir, en leur permettant de se rabattre instantanément derrière le parapet aussitôt après le feu.

Les Allemands ont employé des dispositions un peu différentes dans les forts qu'ils élèvent autour de *Strasbourg*. Le croquis ci-après représente celui du prince royal de Saxe; sa forme est celle qu'on admet généralement aujourd'hui, un pentagone aplati. Le côté qui forme la gorge est bastionné et contient sous le parapet et le terre-plein deux étages de casemates servant au logement de la garnison. Les casemates situées dans les flancs sont disposées pour la mousqueterie au rez-de-chaussée et pour deux pièces au premier étage; celles qui servent au logement sont éclairées par des fenêtres donnant sur la gorge et desservies par un long couloir situé du côté opposé. Les troupes de piquet et les officiers sont logés dans d'autres casemates situées dans les angles du fort (fig. 10).

Une haute traverse centrale divise le bastion en deux parties symétriques et contient une large communication couverte qui mène du pont-levis situé à l'entrée du fort jusqu'à la caponnière double située à l'angle saillant; des ouvertures latérales desservent les casemates et les cours de droite et de gauche.

(1) Ces visières ont été inventées par le capitaine Prudent, du Génie français.

Le flanquement des fossés, des faces et des flancs du fort est obtenu par la caponnière double du saillant dont nous venons de parler et par deux ailerons placés aux angles d'épaule; ces ouvrages sont organisés pour le tir de la mousqueterie.

L'escarpe est détachée et crenelée sur les faces, sur les flancs et aux extrémités de la gorge. Elle à 5 mètres de hauteur au-dessus du fond du fossé et 4 mètres au-dessus d'un couloir de 2 mètres de largeur qui le sépare du pied du talus de l'ouvrage.

La contrescarpe consiste en un mur de $1^m,25$ d'épaisseur renforcé par des contre-forts de 2 mètres de saillie distants de $6^m,00$ et reliés par deux étages de

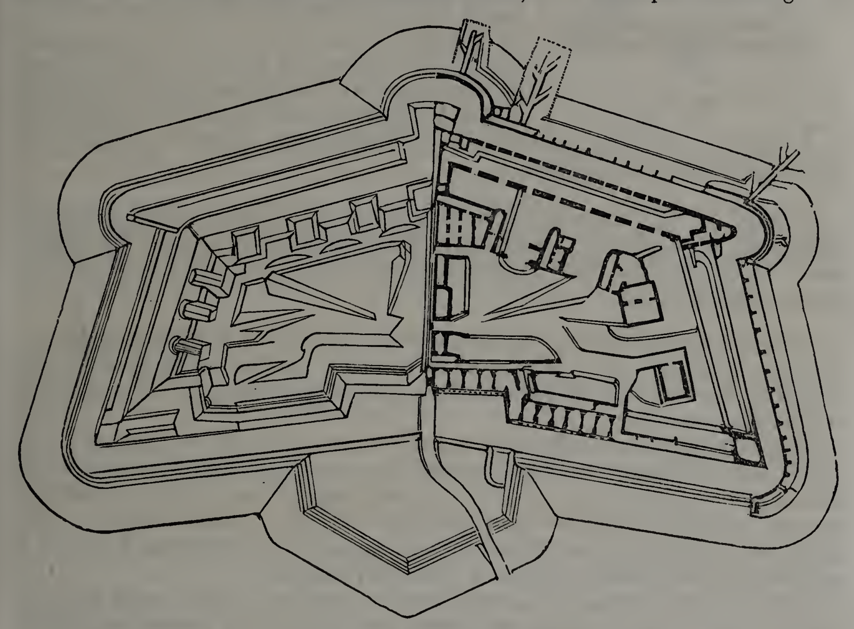


Fig. 10. — Fort de Strasbourg.

voûtes en décharge. Elle est surmontée d'un chemin de ronde, de 1 mètre de largeur, régnant sur tout le pourtour de l'ouvrage à 2 mètres au-dessous de la crête du glacis. Elle à 6 mètres de hauteur sur les faces et sur les flancs et seulement $3^m,50$ sur la gorge.

La largeur des fossés est de 9 mètres devant les faces et les flancs, et de $11^m,50$ devant la gorge.

Le fort doit être armé de 22 pièces placées sur le rempart, non compris les pièces casematées destinées au flanquement de la gorge. Sur chaque face il y a 7 pièces groupées 2 par 2 entre des traverses creuses espacées d'environ 26 mètres d'axe en axe; sur chaque flanc il y a 3 traverses, deux pleines et une creuse au milieu; ces traverses séparent 4 canons.

Il y a 8 galeries de mine partant de galeries de contrescarpes ménagées en face du saillant et des angles d'épaule.

L'entrée du fort est couverte par une place d'arme, dont le parapet est organisé pour le tir de l'infanterie. A un mètre en arrière du talus de banquette s'élève un mur crenelé de 1 mètre de hauteur.

Il y a un magasin à poudre dans cette place d'armes et deux autres dans l'intérieur du fort, un derrière chaque flanc.

On trouvera dans la planche VI le plan et la coupe d'un système de caponnière proposé par le général Brialmont pour flanquer le front de tête de ses forts auxquels il donne la forme générale, fig. 11. Les parapets des fronts latéraux ne suivent point l'escarpe et, suivant les prescriptions de l'ingénieur français Chaumara, ils sont brisés de façon à être soumis le moins possible à l'enfilade et à diriger leurs feux dans les directions utiles. Ces fronts sont flanqués par des demi-caponnières établies sur les prolongements du front de tête. On remarquera dans ce système belge les gaînes à bombe destinées au flanquement du pied du mur. Philon avait déjà recommandé une disposition analogue : à l'aide de tubes munis à leur extrémité extérieure de portes à deux battants retenus par des cordes, on faisait tomber dans le fossé des pierres de 130 kilogrammes. Les bombes explosibles envoyant tout autour d'elles leurs éclats nous dispensent aujourd'hui de l'emploi du tube qui avait pour but de projeter les pierres à quelque distance tout autour de l'embrasure.

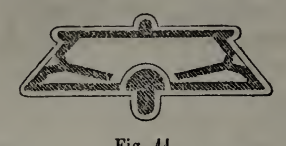


Fig. 11.

L'emploi du fer dans la fortification a été tenté depuis quelques années en *Angleterre*, en *Belgique* et en *Prusse*; cette question importante et essentiellement d'actualité sera traitée, après l'ouverture de l'Exposition, sous le titre *Coupoles et Cuirasses.*

Le lecteur a dû remarquer que nous n'avons parlé que de *forts* dans ce dernier chapitre : c'est qu'en effet le système de la guerre défensive s'est modifié avec l'adoption des énormes effectifs et des canons à longue portée qui constituent les armées modernes.

Les anciennes places munies d'un enceinte continue qui enserre les habitations privées seraient bientôt réduites en cendres par le feu convergent des nombreuses batteries de l'ennemi qui peuvent être placées jusqu'à 4 ou 5 kilomètres à l'abri derrière des mouvements de terrain. Il faut n'exposer à leurs coups que des constructions purement militaires et par conséquent organisées de façon à résister le plus longtemps possible à l'effet de l'artillerie.

De là, nécessité d'entourer les villes par des ceintures de forts, assez éloignés pour préserver celles-ci du bombardement, assez petits pour pouvoir mettre leur garnison toute entière complétement à l'abri sans dépenses excessives, assez grands pour que ces garnisons, destinées à lutter isolément, ne se composent point seulement de quelques hommes commandés par un chef subalterne.

Les traverses, les casemates, les conduits souterrains de toute nature nécessités aujourd'hui pour abriter les défenseurs encombrent les terre-pleins, les cours, obstruent les passages et condamnent les garnisons à une défense passive, défense vouée par son essence même à l'infériorité, puisqu'elle a à lutter toujours par les mêmes moyen et aux mêmes lieux contre une attaque qui se dérobe en se déplaçant. On doit donc consacrer à l'offensive des troupes spéciales tout à fait indépendantes des forts et dont nous allons esquisser le rôle.

Naguère encore on admettait que pour qu'une troupe put en bloquer une autre d'une façon efficace, il fallait que la première fut notablement plus nombreuse que la seconde; en effet, disait-on, la troupe enveloppante, forcée de se garder également partout, doit être nécessairement inférieure en nombre sur le point où la troupe intérieure portera brusquement le gros de ses forces pour la percer.

L'expérience de la guerre de 1870 a montré qu'avec l'artillerie actuelle, cette théorie n'était plus exacte. Si autrefois un élan généreux et rapide pouvait

faire franchir quelques centaines de mètres à une colonne sous le feu de la mitraille, il n'est pas de troupe au monde qui puisse marcher pendant quatre kilomètres exposée aux projectiles de batteries convergentes; elle serait détruite avant d'atteindre le but, si l'artillerie du blocus était assez forte pour prendre le dessus sur l'artillerie bloquée.

Toute place investie avec de l'artillerie, doit donc être considérée, sauf dans les cas particuliers où la disposition du terrain faciliterait les sorties, comme séparée du reste du monde et sa chute n'est plus qu'une affaire de temps. Son premier, son principal soin doit donc être *d'empêcher cet investissement.* Là elle a tout l'avantage, car elle connaît de longue main le terrain, elle dispose de tous les moyens d'information; ses troupes sont au complet contre celles de l'ennemi qui n'arrivent que par fraction. Les troupes mobiles élèveront des retranchements en avant de la ligne des forts et non-seulement elles les défendront avec énergie, mais encore elles emploieront toute leur activité à empêcher les premiers établissements de l'ennemi. Repoussées sur la ligne des forts, elles se retrancheront de nouveau et infligeront un nouveau temps d'arrêt aux progrès de l'ennemi qui sera obligé d'avoir recours à l'attaque pied à pied pour s'emparer au moins d'un de ces forts. Quand l'assaillant sera parvenu à ce résultat, les troupes mobiles pourront encore généralement fortifier une ligne intermédiaire entre les forts et la ville et, en tous cas, s'appuyant sur les forts encore en leur pouvoir, ils formeront une sorte de poche élastique dans laquelle l'ennemi sera obligé de s'engager pour pousser ses attaques pied à pied vers la ville.

Voici maintenant d'une façon sommaire comment procède l'attaque dans le cas d'un siége en règle.

L'assaillant, après avoir délogé le défenseur de ses positions, se hâte de s'y fortifier solidement; il s'attache à battre par son artillerie toutes les parties par où la défense pourrait tenter des sorties, et à organiser des communications faciles le long et en arrière de ses propres lignes pour pouvoir facilement concentrer ses troupes aux points attaqués.

A l'abri de ces lignes, il établit des batteries spéciales, dites *batteries de première position.* Ces batteries qui sont généralement à plus de 2000 mètres des forts, sont armées de pièces de gros calibre destinées à désorganiser les éléments de la résistance avant qu'on entame les attaques rapprochées ; elles battent de plein fouet les remparts, enfilent les faces d'ouvrage, ruinent les constructions intérieures. Elles sont, quand il y a lieu, reliées télégraphiquement à des observatoires convenablement choisis, ce qui leur permet de tirer avec précision, même sur des objets qu'elles ne voient pas,

Pendant qu'elles luttent avec l'artillerie de la défense et ralentissent ainsi son feu, de petites troupes munies d'outils, s'avancent peu à peu et sur plusieurs points à la fois en profitant des accidents du sol et en se couvrant de légers ouvrages en terre. Quand ces diverses troupes sont ainsi arrivées à 600 ou 700 mètres du fort, on relie, de nuit et par surprise, toutes leurs positions au moyen d'une grande tranchée que devient la première parallèle. En même temps on établit, en arrière à des distances variant entre 600 et 1500 mètres des batteries dites *de 2e position* destinées à compléter l'effet de celles de 1re position et, dans beaucoup de cas surtout en face des anciennes places, à faire brèche.

Le reste des attaques à partir de la 1re parallèle jusqu'à la prise du fort attaqué se fait comme nous l'avons dit à propos du siége régulier d'après les règles de Vauban. Une fois ce fort pris, on attaque les forts latéraux en cheminant à la fois vers ses faces et vers sa gorge ; puis, après leur chute, on reporte sur leur ligne les batteries qui ne servent plus en arrière et on procède à

l'attaque du corps de place ou des ouvrages intermédiaires en suivant la même marche que pour les forts.

Telles sont du moins les règles qu'indique la théorie. La pratique ne les a point encore sanctionnées.

Qui, ayant vu les horreurs de la guerre, oserait souhaiter une pareille sanction ?

ARTILLERIE

L'artillerie avant l'invention de la poudre.

Artillerie des Grecs. — La nature des machines balistiques des Anciens est restée pour les modernes une chose assez obscure jusqu'à ces dernières années. Les Grecs nous avaient cependant laissé sur ce sujet des traités fort complets, mais l'aridité de la matière et les difficultés de la langue technique découragèrent longtemps les curieux. Ce sont des contemporains, M. le général Dufour, MM. Kœchly et Rustow, le général de Reffye et l'ingénieur Prou qui nous ont initiés aux détails de cette partie de la mécanique dans l'antiquité. Il faut cependant citer avec éloge dans le siècle dernier les travaux de Maizeroy.

La plus ancienne mention de ces engins que l'on trouve dans l'histoire remonte environ à l'an 800 avant J.-C. Ozias arme les remparts de Jérusalem « de machines construites par un ingénieur pour lancer des traits et de grosses pierres ». Deux siècles plus tard Ezechiel menace la ville sainte des *balistes* de *Nabuchodonosor* (1). Les machines de jet étaient inconnues en Grèce à l'époque de la guerre du Peloponèse, car Thucydide, si précis en toutes choses, n'en parle pas; elles s'y introduisirent à propos du concours ouvert à Syracuse entre les ingénieurs de tous les pays par Denys l'Ancien qui se préparait à attaquer Carthage vers l'an 400 avant J.-C.

Le premier emploi qu'en rapporte l'histoire eut lieu au siége de *Motye* par le même Denys (Diod XIV, 51).

Pour en faire comprendre le mécanisme je ferai comme Héron d'Alexandrie, l'un des premiers auteurs qui les ont décrites et j'indiquerai comment l'esprit humain a sans doute procédé pour arriver à leur invention.

Le point de départ est l'arc à main. Quand on tenta de lancer avec cet instrument un trait plus fort et à une distance plus considérable, on fit l'arc plus grand et on en renforça les branches flexibles, ce qui leur donna plus de rigidité. L'arc ainsi obtenu était difficile à bander; l'effort de la main étant devenu insuffisant, on fixa l'arc sur une crosse munie d'une rainure à queue d'aronde en son milieu et d'une crémaillère sur le côté. Dans la rainure on engagea un curseur mobile de la longueur de la crosse appelé *tiroir* creusé à sa partie supérieure de manière à recevoir le trait et portant un cliquet correspondant à la crémaillère. A la partie postérieure du curseur était fixée une griffe mobile autour d'un axe horizontal et dont le talon pouvait être relevé par un petit levier coudé. Enfin la crosse était terminée du côté opposé à l'arc par une partie arrondie.

Grâce à ce mécanisme, quand on voulait bander l'arc, on remontait le tiroir vers la corde archère jusqu'à ce que la griffe en pivotant l'eut saisie. On abais-

(1) Il est remarquable qu'on ne trouve aucune représentation des machines de jet ni dans les peintures Egyptiennes ni dans les bas-reliefs Assyriens. Pline (VII. 56) attribue l'invention du *scorpion* aux Crétois, de la *baliste* et de la *fronde* aux Phéniciens et de la *catapulte* aux Syriens.

sait ensuite la griffe et on la fixait en poussant dessous la gachette. Cela fait, le tiroir se trouvant ainsi en saillie vers l'extérieur, on en appuyait la pointe contre le sol ou contre un mur et on faisait effort avec le ventre, de tout le poids du corps contre la partie évidée de la crosse. Refoulé en arrière, le tiroir entraînait la corde et bandait l'arc. Le cliquet maintenait à chaque instant la tension obtenue; on s'arrêtait quand on jugeait la tension convenable, on posait le trait sur le curseur et, à l'aide de la batterie, on le faisait partir au moment voulu. L'appareil ainsi construit se nommait *Gastrophète*; les bras étaient généralement faits en corne.

Quand on voulut augmenter encore la grandeur et la portée du projectile, on conserva l'ensemble de la machine précédente, mais on changea la nature de l'arc. Les branches de celui-ci furent remplacées par deux bras de bois rigides dont l'une des extrémités était fixée à la corde et dont l'autre s'engageait dans le milieu d'un faisceau ainsi disposé : on enroulait une corde fine et fortement tendue autour des semelles d'un fort cadre en bois représenté dans la fig. 2 de la pl. VII; on avait soin de disposer bien régulièrement cette corde en rangs superposés et de battre chaque rang séparément et successivement avec un maillet de manière à bien serrer les torons les uns contre les autres; le bout libre de la corde était ensuite arrêté dans le faisceau. Quand l'extrémité du bras était engagée entre les deux moitiés du faisceau, on engageait entre celui-ci et la partie supérieure des semelles, des tasseaux en fer qui, amenés au biais, tordaient fortement les brins et par suite provoquaient un serrement énergique sur le bras.

On ne tarda point à apporter à ce système primitif de torsion un perfectionnement notable. La semelle et le chapeau du cadre (les *Péritrètes*) furent formés chacun d'un épais madrier percé d'une ouverture circulaire *(tréma)*; ces ouvertures placées sur une même perpendiculaire étaient calculées comme on le verra plus loin.

Autour de chaque trou et sur la face extérieure des péritrètes ou sur une garniture métallique y adaptée, on entaillait une rainure dans laquelle s'encastrait le tenon annulaire (*a*) du *barillet*. Ce barillet, dont l'ouverture intérieure était identique à celle du tréma portait à l'extérieur une partie carrée (*b*) destinée à donner prise à une clef pour le faire tourner. L'extrémité supérieure était percée de deux entailles à l'extrémité d'un même diamètre, afin de recevoir une clavette en fer. C'est sur ces clavettes qui s'enroulait la corde pour former le faisceau moteur ou ton qui devait remplir exactement le tréma; j'indiquerai plus loin par quel procédé. Les barillets se faisaient habituellement en bronze travaillé au marteau; mais dans les grandes machines on les construisait en bois cerclé de fer.

Quand le faisceau était formé et le bras encastré au milieu, on lui donnait le degré de force désiré en tournant le barillet au moyen d'une clef; la pression du barillet sur la semelle, qui augmentait avec la torsion, suffisait pour le maintenir à la position où on l'amenait.

Deux cadres semblables assemblés l'un à côté de l'autre symétriquement par rapport à une crosse analogue à celle du gastrophète et une corde reliant les deux extrémités libres des bras constituaient une *catapulte*.

Quand les deux bras étaient dirigés du côté opposé au tireur, on avait la *catapulte palintone* (1), (fig. 5 et 6 pl. VI) par comparaison avec l'arc oriental qui portait le même nom.

(1) L'arc palintone dont les anciens font mention à plusieurs reprises et qu'Athénée le philosophe comparait à un Σ, en parlant de celui des Scythes, est encore employé par les Chinois; il a à peu près la forme indiquée dans la fig. 7, pl. VI; la position de la

Quand les bras étaient dirigés du côté du tireur, comme dans l'arc ordinaire on avait la catapulte que les théoriciens appelaient *Euthytone* par opposition à l'autre.

De ces deux classes de machines, la première présentait plus d'avantages pour les gros projectiles à la fois parce que la course des bras étant plus longue, l'éffort développé pouvait être plus grand (1), et parce que la forme en *v* que prenaient les cordes au moment de bander était commode pour retenir et guider le boulet. Aussi ce fut toujours avec le système palintone que l'on construisit les *lithoboles* ou *pétroboles*.

Les machines destinées à lancer des traits, c'est-à-dire les *doryboles* ou *oxybèles* appartenaient au contraire généralement au genre euthytone qui était plus facile à construire; les petites euthytones étaient souvent appelées *scorpions* à cause de certaines analogies de forme. Quelques oxybèles de choix comme les *chirobalistes* furent palintones.

Les palintones devant être plus grosses et plus résistantes que les euthytones par suite de la différence des projectiles, il en résulta des formes assez différentes pour les diverses pièces similaires qui composaient les unes et les autres. Les anciens ingénieurs ont donné avec les plus grands détails les tracés et les dimensions de ces pièces auxquels ils étaient arrivés par de longs tâtonnements. Je ne dirai rien ici des tracés dont on peut se faire une idée par les restitutions de M. Prou reproduits dans les fig. 3 et 4 de la planche VI, mais je donnerai quelques détails sur les dimensions.

Comme dans presque toutes les autres constructions antiques, toutes les parties des machines balistiques étaient calculées en fonction de l'une d'elles prise pour unité; ce module était le diamètre du faisceau moteur ou ton, diamètre égal, nous l'avons vu, au diamètre du tréma percé dans les péritrétes.

Il était déterminé par les deux règles fondamentales suivantes :

1° Dans l'euthytone, le module égale le neuvième de la longueur du trait;

2° Dans le palintone, on multiplie par 100 le poids de la pierre exprimée en *mines* (2); la racine cubique du produit augmentée de son dixième exprime en *doigts* le module, ce qui peut s'exprimer par l'équation :

$$\mu = 1{,}10\sqrt[3]{100\,m}$$

Pour que ces deux règles concordent, il faut que le diamètre du trait soit proportionnel à sa longueur et que le poids du fer y représente une fraction constante du poids total. MM. Dufour et Prou sont d'accord pour évaluer le diamètre du trait à $\frac{1}{32}$ de sa longueur et supposer que le fer pèse à peu près autant que le bois.

Si l'on cherche le diamètre du projectile rond du palintone en supposant que ce boulet soit en pierre et qu'il ait par conséquent une densité égale à 2,75 on trouve que ce diamètre est environ les 3/4 de celui du module.

---

corde est figurée par le trait pointillé, on voit qu'il a sur l'arc ordinaire l'avantage de développer une force de réaction plus considérable pour une même course AB de la main de l'archer, course qui est limitée par la longueur des bras dudit archer. Je crois que M. Prou a eu raison dans sa restitution des machines palintones; mais on croit que si elle ne se fondait que sur la comparaison avec l'arc du même nom elle reposerait sur des bases très-contestables. Il y a un beau spécimen d'arc palintone en fer au musée d'artillerie de Paris.

(1) M. Prou évalue la puissance balisti que d'une machine palintone à 3t, 1/2 celle d'une euthytone de même grandeur.

(2) La mine vaut 436 grammes et le doigt 19 millimètres.

Le général Dufour est arrivé par des considérations mathématiques directes à l'équation :

$$d=\sqrt[3]{4-Ap}$$

où d représente le diamètre du câble exprimé en centimètres, p le poids du projectile exprimé en kilogramme et A la portée *maxima* exprimée en mètres. Cette formule est plus générale que celle des anciens ingénieurs qui suppose que la portée est constante; mais les deux formules donnent des résultats absolument identiques pour la portée de 440 mètres qui paraît avoir été en effet, comme nous le verrons plus loin, la partie maxima des machines *nevrotones*, c'est-à-dire à ton de nerf.

La formule de Dufour montre que pour un même projectile les portées varient comme les cubes des diamètres des câbles; et pour des projectiles différents, en raison inverse de leurs poids.

Les machines construites dans les règles occupaient un espace minimum d'environ 20 modules en longueur, 13 en largeur et 17 ou 18 en hauteur.

Elles se désignaient par le poids ou la longueur de leur projectile suivant qu'elles étaient pétroboles ou doryboles.

L'attaque employait pour battre les murs d'enceinte des villes des machines d'un talent (60 mines ou 26 kilog.). Leur ton avait $0^m,40$ de diamètre ; elles occupaient $7^m,60$ en projection horizontale et avaient une hauteur voisine de 7 mètres.

Philon, dans son traité d'artillerie, donne des tables pour la construction des machines jusqu'à celles de 3 talents; ces dernières auraient eu $9^m,35$ de haut. Des engins aussi énormes étaient peu employés, cependant Démétrius en plaça sur une de ses hélepoles (Diod. Sic. XX) et Archimède en construisit pour le navire de Hieron qui lançaient à un stade des pierres de 3 talents ou des poutres de 12 coudées (Ath. Dépp. X), on voit que les Anciens ne pouvant produire à l'aide de la flexion que des vitesses initiales très-faibles cherchaient à augmenter par les masses l'effet du projectile (mv^2). Dans son traité de poliorcétique, le même ingénieur Philon donne la mesure des effets obtenus, quand il dit que des bossages de bonne pierre saillant d'une palme ($0^m,08$) sur le nud d'un mur et suffisamment rapprochés préservent les œuvres vives contre tout dommage pouvant résulter du choc des projectiles d'un talent; ailleurs, il affirme que les murs de dix coudées, c'est-à-dire d'environ 5 mètres d'épaisseur peuvent résister au choc de ces mêmes projectiles pourvu qu'on empêche les pétropoles de s'établir à une distance moindre que 164 mètres, résultat auquel on arrivait en entourant les places de trois fossés suffisamment larges et en obstruant les braies de telle sorte que la machine ne put s'y loger.

La défense employait d'ordinaire contre les travaux d'approche, et notamment contre les grandes tours de bois de l'attaque, les pétroboles de 30 mines (13 kilog.) Le diamètre du ton correspondant étant de $0^m,31$, on voit que ces machines devaient avoir une hauteur de près de 6 mètres et une longueur encore plus considérable ; on ne pouvait donc ni les placer sur le sommet des murs ni dans les tours, il fallait les établir en arrière du rempart, sur le sol même de la ville et tirer en bombes par dessus l'enceinte (Philon I, 24) (1). Il n'en était point de même pour les pétroboles de douze mines (5 kg.,235) et de dix mines (4 kg. 363), ainsi que pour les doryboles de 5 empans ($1^m,15$) dont les pre-

(1) Dans les renvois à Philon, le chiffre romain indique le livre, et le chiffre arabe le paragraphe, suivant la division adoptée par M. de Rochas dans sa traduction française.

mières avaient moins de 4 mètres et les dernières moins de 2 mètres de haut. Ces machines se plaçaient soit sur le rempart lui-même, soit au rez-de-chaussée des tours de la fortification (PHILON 1, 17, 18), soit dans les hélepoles.

PHILON, auquel il faut toujours revenir quand on veut avoir des détails précis sur la poliorcétique ancienne, recommande d'un côté à la défense (I, 4), de contrebattre successivement chaque pétrobole de l'attaque par deux pétroboles de dix mines, de manière à la détruire ; de l'autre à l'attaque (IV, 13) d'armer ses tours de bois, de manière à contrebattre chaque lithobole de 112 mines, et chaque dorybole de 5 empans de la défense.

D'après le même auteur (III, 15) chaque quartier de la ville avait pour sa défense des machines encore plus petites, savoir : une lithobole de dix mines (4 kg. 363) et deux catapultes de trois empans ($0^m,68$). Les entrées des ports étaient défendues (III, 32) par des pétroboles de 20 mines (8 k. 3/4), et, si cette entrée était trop large, on construisait (III, 33) au milieu une tour contenant une pétrobole de 4 mines (1 k. 3/4). Enfin dans les combats à l'intérieur des mines, on se servait de catapultes de trois palmes ($0^m,32$) et de pétroboles de deux mines (0 kg. 872).

Les supports des machines euthytones et palintones étaient peu différents. Celui des euthytones que nous indiquerons comme exemple consistait en une sorte de pied analogue à celui des pupitres de musique ; il était formé d'une colonne verticale fichée sur une croix en charpente horizontale à laquelle elle était en outre reliée par des contre-fiches obliques. La partie supérieure de la colonne était amincie, de façon à former un tenon cylindrique sur lequel s'enfilait une large pièce en U (appelé *carchésium*) muni de deux colliers à la partie supérieure de ses branches. C'est sur ces colliers que posait un axe horizontal traversant la crosse perpendiculairement à son axe et par son centre de gravité, jouant ainsi le rôle des tourillons dans nos canons. On voit que par ce système, les mouvements horizontaux s'opéraient autour de l'axe de la colonne, par l'intermédiaire du carchésium et que les mouvements verticaux avaient lieu autour de l'axe de la crosse. Une barre, fixée au moyen d'une articulation par une de ses extrémités sur le pied de la colonne verticale, soutenait par l'autre la partie inférieure de la crosse qui changeait d'inclinaison suivant que cette extrémité libre était reportée plus en avant ou en arrière.

Le bandage de ces machines s'opérait soit à la main, soit avec des treuils fixés à l'extrémité de la crosse.

L'artillerie fut rarement employée par les Grecs sur le champ de bataille, nous en trouvons cependant un exemple à la bataille de *Mantinée* (207 avant J.-C.) MACHANIDAS avait réparti toutes ses machines sur le pont de son armée, comme on le fit à l'origine des canons à poudre pour essayer par ce moyen de rompre la phalange macédonienne (POLYBE XI, 2). On sait aussi qu'à la bataille du *Tanaïs*, un cavalier scythe reçut un coup mortel, malgré son armure, des catapultes qu'ALEXANDRE avait fait établir de l'autre côté du fleuve.

La portée moyenne de toutes ces machines paraît avoir été d'un demi-kilomètre. On cite comme exceptionnelle la machine palintone construite par AGÉSISTRATE qui portait à 4 stades ou 740 mètres au trait de 4 coudées ($1^m,85$). En tout cas, aucun projectile n'allait jusqu'à 5 stades, puisque c'est à cette distance que les assiégeants établissaient leurs camps (1).

(1) HÉGÉSIPPE (liv. III, ch. 42) raconte qu'au siège de *Jérusalem* un projectile romain enleva la tête d'un juif et la porta à 3 stades ; un autre projectile frappant au ventre une femme enceinte en fit sortir l'enfant qu'il porta au-delà de 1/2 stade. JOSÈPHE (liv. VI) dit qu'à ce même siège les pierres d'un talent étaient dangereuses jusqu'à 2 et même 3 stades.

Le musée de *St-Germain* possède un oxybole construit par M. de Reffye d'après les traités d'Héron et de Philon ; elle a un trait de 0m,085 et ne porte qu'à 310 mètres, c'est-à-dire à moins de 2 stades.

Ce résultat ne doit point nous étonner ; car, bien certainement, on n'a point pris dans les ateliers de Meudon toutes les précautions indiquées dans les anciens auteurs.

Ceux-ci voulaient qu'on choisît pour faire les cordelettes du ton, les muscles les plus développés par l'exercice des animaux les plus vigoureux, ceux des cous des taureaux ou des jambes des cerfs et des chevaux.

On faisait tremper ces muscles dans l'eau, on les battait pour les séparer dans leur longueur, on les réduisait en filasse, puis on les peignait doucement et on les filait pour les transformer en cordes. On employait également avec succès les cheveux de femme, pourvu qu'ils fussent longs, fins et bien imbibés d'huile (1). Les cordes ainsi préparées, étaient tendues et enroulées en écheveaux sur les clavettes des barillets au moyen d'un appareil qui permettait d'obtenir une tension égale pour chaque brin, tension que l'on constatait en le faisant vibrer ; aussi Vitruve voulait-il qu'on exigeât que les artilleurs fussent musiciens. Dans les machines euthytones, la corde de l'arc était cylindrique pour pouvoir s'adapter à l'encoche de la flèche ; dans les palintones elle était plate comme une ceinture, afin que la pierre frappée en largeur et bien au milieu fut convenablement lancée et n'allât pas heurter le bâti de la machine.

De pareils engins, composés de cordes et de bois, et de plus soumis à des réactions très-violentes, étaient extrêmement sensibles aux influences atmosphériques et se dérangeaient facilement. Par les temps variables, le tir devait être fort incertain ; il eut été beaucoup trop long de retendre les tons brin à brin, on rétablissait alors l'énergie de la force motrice au degré voulu pour la portée demandée en tournant les barillets « mais, dit Philon, c'est une erreur si l'on croit arriver ainsi au but désiré ; je dirai même qu'on amoindrit la portée et l'intensité du jet en affaiblissant la machine par la torsion oblique du faisceau en hélice serrée, ce qui enlève aux cordons leur force et leur élasticité naturelles : tel est l'effet de la torsion qui leur est appliquée à la partie supérieure. Dans cet état le faisceau devient rebelle à la manœuvre du bandage ; dans la détente, au contraire, il se montre affaibli, relâché, comme si la torsion qu'il a reçue en excès se traduisait par une perte de force équivalente. »

A la suite de cette remarque, les ingénieurs Grecs essayèrent d'abord de supprimer la torsion pour le bandage en composant la clavette de deux pièces que l'on écartait à volonté au moyen de coins de bois enfoncés à coup de maillet ; puis ils se préoccupèrent de remplacer la force de torsion par celle de l'air comprimé, en faisant agir les talons des bras contre les pistons de corps de pompe hermétiquement fermés ; ils essayèrent aussi de se servir de ressorts en bronze : mais ces tentatives ne donnèrent jamais des résultats bien satisfaisants, puisque l'ancien système continua à prévaloir. Elles ont eu du moins pour effet de nous conserver sur l'industrie métallurgique et les idées théoriques des Anciens, quelques détails que je crois assez intéressants pour être reproduits ici

(1) On sait que lors du siège du *Capitole* par les Gaulois, les muscles manquèrent pour les machines et que les dames romaines coupèrent leurs cheveux pour les offrir à leurs maris, à la suite de cet événement on éleva un temple à la *Vénus chauve*. Appien et Strabon rapportent un fait analogue à propos du siège de *Carthage* et on en trouve encore d'autres exemples dans les guerres des Anciens. Polybe (liv. IV) cite parmi les approvisionnements d'un arsenal, 300 talents de cheveux préparés et 100 de muscles également préparés.

in-extenso. Voici les passages du Ve livre de Philon qui y sont relatifs, d'après la traduction de M. Prou.

« On fabriqua alors pour la catapulte de 3 empans des lames ou rubans de bronze, car on leur donne ce nom. Ces rubans étaient des ressorts métalliques ayant de longueur 12 doigts, de largeur 2 doigts, et d'épaisseur 1/12 de doigt. On les fondit de cuivre rouge bien préparé, de première qualité et purifié avec soin à plusieurs reprises, puis mélangé à raison de 3 drachmes par mine (3 %) avec de l'étain pur, bien nettoyé et corroyé (1). »

« Au sortir du moule, les rubans furent aplatis et mis aux dimensions ci-dessus. Puis ils reçurent une courbure douce sur un gabarit de bois. Ensuite je les battis à froid sans relâche, pendant très-longtemps, leur donnant une épaisseur uniforme, ainsi que des arêtes rectilignes au pourtour du profil; et, dans l'autre sens, une courbure régulière épousant exactement celle du gabarit. Enfin je les conjuguai deux à deux, mettant en regard leurs parties concaves. Les extrémités, limées avec soin, s'assemblaient deux à deux au moyen de tenons. »

« Les rubans empruntaient donc leur force à la nature même du bronze. Le plus blanc et le plus pur, quand on le fond avec toutes les précautions requises, donne un métal fort, souple et élastique. Les ressorts furent battus à froid, sans relâche et pendant longtemps, afin d'en durcir les fibres superficielles et de leur procurer plus de résistance. »

Cette élasticité du bronze était alors une chose nouvelle ou du moins complètement oubliée depuis les âges héroïques où les armes étaient faites de ce métal, car Philon ajoute : « il est impossible, dira-t-on, que les lames déjà courbées, puis redressées par l'effort du bras ne restent pas indéfiniment rectilignes, bien loin de se détendre et de revenir à leur courbure première. On admet que l'élasticité est une propriété naturelle de la corne et de certains bois, comme on le verra dans l'arc. Mais on soutient que le bronze, bien que doué, comme le fer d'une certaine rigidité, d'une certaine dureté et résistance, conserve néanmoins la courbure qu'il a reçue d'un effet puissant et ne peut plus ensuite spontanément se redresser : excusons l'objection fondée sur une notion imparfaite des choses. La propriété desdits ressorts fut en effet devinée à la vue des épées celtiques et espagnoles. »

L'auteur entre ensuite dans quelques développements sur la manière dont on travaillait et essayait ces épées ; je les reproduirai dans l'article des armes blanches, et je me contenterai de faire observer ici l'analogie du bronze Uchatius dont il sera parlé à l'article de l'artillerie moderne, avec le bronze de Philon, cet ingénieur résume ainsi la fabrication :

« Je battis donc mes rubans à froid sur chaque face, et cela eut pour effet d'en durcir l'épiderme. L'intérieur au contraire, demeura mou, grâce à la douceur du battage qui ne pouvait se faire sentir à quelque profondeur. Les lames se trouvaient donc formées pour ainsi dire de trois métaux juxtaposés : à l'extérieur, deux couvertures dures, à l'intérieur un corps mou. De là, leur souplesse élastique. »

Parmi les essais tentés par les anciens, je citerai encore la *catapulte polybole* qu'un certain Denis d'*Alexandrie* avait construite pour les Rhodiens. On jetait

(1) Cette proportion de 3 % est fort différente de la composition ordinaire du bronze des Anciens, et on doit se demander s'il n'y a pas eu là une erreur de copiste, d'autant mieux qu'un peu plus loin Philon parle de la *blancheur* du métal. Les Gaulois mettaient dans leur bronze 12 % d'étain ; les analyses de Clarke sur des armes et des ustensiles venus d'*Egypte* et de *Grèce* indiquent le même chiffre; une trouvaille faite à *Récelon* (*Hautes-Alpes*) a donné 18 %.

à l'avance une brassée de traits dans une trémie placée au-dessus d'un cylindre en bois muni d'une encoche longitudinale. Ce cylindre animé d'un mouvement de rotation analogue à celui de la culasse mobile de nos revolvers, amenait successivement chacun des traits dans la position convenable pour être lancés. Les traits longs de 0m,50 portaient à près de 200 mètres.

Le nombre des pièces mis en batterie dans les siècles antiques, était tout à fait comparable à celui qu'on employait il y a peu de temps encore. Ainsi à l'attaque de *Jotapata*, Vespasien avait 160 machines en action. Les Romains trouvèrent à *Carthagène* 120 oxyboles de grand calibre et 281 de petit, 23 grandes lithoboles et 32 petites: en tout 476 pièces d'artillerie proprement dite, sans compter plus de 2500 *scorpions* qui paraissent avoir été analogues pour l'usage à notre ancien fusil de rempart (Tite-live XXVI). Les juifs avaient, à la fin du siège de *Jérusalem* par Titus, environ 40 lithoboles et 300 oxyboles. On voit par ces exemples que la proportion des oxyboles et des lithoboles était sensiblement constante et variait de 1 à 5 ou 6.

Artillerie des Romains. — Les Romains reçurent-ils des Grecs la connaissance de l'artillerie? Cela est probable mais non certain, car Tite-Live nous apprend que Servius Fiellius organisa deux centuries d'ouvriers pour confectionner les machines de guerre bien avant que les machines de jet fussent connues en Grèce et ce qui est positif, c'est qu'ils adoptèrent complétement les procédés des Grecs.

Vitruve décrit, sous le nom de *catapulte,* et de *scorpion* l'oxybole euthytone et sous celui de *baliste,* la pétrobole palintone; il ne parle pas d'autres machines.

Les écrits de César, de Tite-Live, de Tacite et des autres écrivains antérieurs au xie siècle avant notre ère, confirment cette opinion.

Un seul passage de César (*Bell. civ.* II.) a provoqué de longues dissertations parce qu'il semble en contradiction avec la classification précédente. César dit, en effet, qu'au siége de *Marseille* les assiégés envoyaient avec des catapultes des pierres sur les murs de la tour de brique qu'élevaient les assiégeants; mais, d'abord, on peut admettre que l'écrivain, élevé en *Grèce* et connaissant l'histoire de sa langue, a employé ici le mot de *catapulte* dans son sens propre, c'est-à-dire dans celui de machine de jet en général; il n'y a, de plus, rien d'impossible à ce que les Gaulois eussent employé dans ce cas particulier la machine euthytone pour lancer des pierres sur une construction très-légère et très-rapprochée; les euthytones et les palintones pouvaient également servir à deux fins, moyennant de très-petites modifications. Ainsi César raconte dans un autre passage (*Bell. gall.*, II) que les grandes balistes lançaient des poutrelles de 12 pieds armées de fer qui traversaient trois rangs de claies. Héron dit du reste expressément que les lithoboles *jettent à volonté* des *pierres* et des *traits,* et *même simultanément* les deux espèces de projectiles. On trouve dans *Athénée* (Deips V) qu'on plaça sur le vaisseau du roi Hiéron, une machine capable de lancer à la distance d'un stade soit une pierre de trois talents, soit un trait de douze coudées.

Remarquons que dans les machines des Anciens il n'y avait pas comme dans nos canons une *âme* comportant un projectile déterminé; ces machines donnaient tout simplement une impulsion à un objet qui pouvait être quelconque ainsi que nous le ferions avec une chiquenaude à un corps placé sur une table. Les projectiles ordinaires étaient bien des flèches et des boulets de pierre, mais on lança aussi avec les balistes des barres de fer rouge, *vectes ferreos candentes* (Vitz X, 16) et des projectiles incendiaires de toutes sortes. Sylla, au siège d'*Athènes,* employa de gros boulets de plomb pour démolir une tour

de bois que les défenseurs avaient opposé à une de ses hélepoles. Appien, qui rapporte ce fait, emploie le terme χαταπελταιρ pour désigner la machine de jet.

Du IIe au IVe siècle de notre ère nous ne savons rien sur l'artillerie des Romains; mais au IVe siècle nous trouvons dans *Vegèce, Ammien, Marcellin* et dans le livre anonyme *de rebus bellicis* des détails suffisants pour nous montrer que l'ancien système avait à peu près complétement disparu.

Les *machines à lancer les traits* ne s'appellent plus ni oryboles, ni euthytones, ni catapultes, ni scorpions; elles ont pris le nom de *balistes* et sont formées de grands arcs en fer montés sur des chars qui contiennent tout l'appareil propre au bandage; *Ammien, Marcellin* (XXIII) et *Procope* (*guerre des Goths* I. 21) en donnent une description, le livre *de rebus Bellicis* une figure, mais le tout est assez obscur; aussi me contenterai-je de reproduire ici ce que dit Végèce sur leur emploi.

« La légion n'est pas invincible par la valeur seule de ses soldats; elle doit encore sa force à ses armes et à ses machines. Premièrement elle est munie de balistes montées sur roues, traînées par des mulets, et servies chacune par une chambrée, c'est-à-dire onze soldats de la centurie à laquelle elle appartient... On ne se sert pas seulement de ces balistes pour la défense des camps; on la place encore sur des champs de bataille derrière les chariots pesamment armés; il n'y a ni cuirasses de cavalier, ni boucliers de fantassins qui soient à l'épreuve des grands traits qu'elles lancent. Il y a donc cinquante-cinq balistes dans une légion, plus dix onagres que l'on fait traîner tout armés sur des chariots attelés de bœufs. L'usage des onagres est de défendre les retranchements avec des pierres comme font les balistes avec des traits. » (liv. II, ch. IV).

L'*onagre* dont il est ici question a été décrit d'une façon assez claire par Ammien, Marcellin (liv. XXIII).

« Voici la forme du *scorpion* que l'on appelle maintenant *onagre* : On taille deux poutres de chêne ou de yeuse en leur donnant une légère courbure, de manière à les faire paraître cintrées; ces poutres sont forées et assemblées entre elles comme les pièces d'une scie. Un gros câble, qui passe par les trous, lie les deux poutres et les empêche de s'écarter. Dans le milieu du câble s'élève obliquement une tige de bois dressée comme un timon de voiture et embrassée de telle sorte par les cordes de nerfs, qu'elle puisse s'élever ou s'incliner davantage.

L'extrémité de cette tige est armée de crochets de fer desquels pend une fronde faite de cordes ou de chaînes. On couche en avant et au pied de la tige un fort bâti muni d'un coussin de paille hachée et fixé par de robustes attaches. La machine au droit de ce bâti, repose sur un amas de gazons ou sur un massif en briques, toute construction en pierre cédant, non au poids, mais à la violence de la commotion. Le moment d'agir étant venu, on met une pierre ronde dans la fronde et quatre hommes placés de chaque côté, agissant sur des barres, enroulent les cordes qui amènent le bras et le font baisser, jusqu'à ce que le chef de batterie (*magister*) qui se tient debout, fasse partir la détente d'un coup de marteau. Le bras dégagé vient heurter contre le coussin de menue paille et lance le caillou avec une telle violence, qu'il fracasse tout ce qu'il rencontre. On appelle également cette machine *tormentum* parce qu'elle tire son effet de la torsion; le nom de *scorpion* lui venait de ce qu'elle semble dresser un dard; enfin on lui donne maintenant celui d'*onagre* par l'analogie qu'elle présente avec cet animal qui, quand il est poursuivi par les chasseurs, lance avec les pieds de derrière des pierres avec une telle violence que celles-ci enfonçent la poitrine ou brisent le crâne de ceux qui courent après lui. »

On voit encore par cette citation combien les noms des machines de jet ont

varié ou quelle confusion les historiens ont apporté dans cette nomenclature puisque le nom de scorpion, appliqué d'abord au plus petit des oxyboles, était devenu celui d'un pétrobole (1).

La machine décrite par AMMIEN, que VEGÈCE appelle également onagre, est facile à reconstituer dans ses éléments essentiels; l'existence d'un bras unique se mouvant dans le plan de la trajectoire du projectile est caractéristique et c'est certainement à cet engin que s'applique un passage de PHILON DE BYZANCE où il est question de pierres lancées par les pétroboles tant palintones que *mononcônes* (μοναγκωσι *à un seul bras*); mais comme ce terme pas plus que la mention d'une machine analogue à l'onagre ne se retrouvent dans aucun auteur antérieur au IVe siècle, je suis très-fortement porté à croire que le passage en question n'est qu'une interpolation.

L'artillerie au moyen-âge. — On continua à employer au moyen-âge des machines à *flexion* ou à *torsion* analogues à celles que nous avons décrites. M. VIOLLET-LE-DUC, dans son traité d'architecture, au mot *engin*, en a tenté diverses restitutions. Mais ce qui est spécial à cette période de l'histoire c'est la machine à contre-poids, grâce à laquelle on parvint à lancer des projectiles d'un poids jusqu'alors inusité.

Cette machine se composait d'un grand levier tournant autour d'un axe horizontal posé sur deux colonnes suffisamment élevées. Le levier, plus court et plus gros d'un bout que de l'autre, était chargé au bras le plus court d'un poids considérable; on abattait l'autre au moyen d'un tour; on plaçait le projectile dans une poche fixe ou dans une fronde adaptée à son extrémité; et, quand on faisait partir la détente d'un coup de maillet, le contre-poids entraînait violemment le levier, et la pierre était lancée dans les airs. La figure que nous reproduisons d'après un manuscrit du moyen-âge (*codex* manessi) donne une idée très-nette du dispositif général de la machine, bien qu'elle manque de proportions. Une fronde est attachée à la longue branche du levier; cette fronde, munie du projectile, traîne dans une auge qui sert en même temps de base à la machine. Le contre-poids paraît être une grande caisse remplie de sable. Le treuil qui a servi à l'abatage, n'est pas représenté dans la figure; une cheville à laquelle la corde qui retient la bascule est attachée, et qu'un homme se prépare à rompre d'un coup de masse semble préparer la détente.

D'après GUILLAUME DE TYR, les chrétiens pendant les croisades se servirent souvent de grosses meules de moulins projetées par leurs machines, pour battre les murailles des villes ennemies.

FROISSARD raconte qu'au siége de *Thin-l'Évêque* par le duc JEAN DE NORMANDIE on lançait aux assiégés jusqu'à des « chevaux morts et autres bêtes mortes et puantes pour les empuantir. » Le même historien rapporte qu'au siège d'*Auberoche* on se servit d'un engin pour envoyer dans la place un émissaire que les assiégeants avaient arrêté « Lors prindrent le valet et lui pendirent les lettres au col et le mirent tout en un monceau au fond d'un engin, puis le jetèrent dans *Auberoche*. Le valet CHEUTIT tout mort devant les autres valets du Chastel qui furent de ce moult troublés. »

Au siége de *Nidau* en 1388 les Bernois avaient cinq machines avec lesquelles ils jetaient journellement dans la place plus de 200 blocs de pierre pesant jusqu'à 12 quintaux (plus de 24 talents antiques).

Pour arriver à de pareils résultats (si on les admet), il fallait d'énormes

(1) Il est probable que c'est AMMIEN qui s'est trompé ici, car VÉGÈCE qui était à peu près son contemporain parle encore des *scorpions* et des *manubalistes* comme de petites machines de trait.

contre-poids et par suite de gigantesques échafaudages; on ne sera donc pas étonné de voir dans le journal du *Siège d'Orléans*, en 1428, que la démolition d'une de ces vieilles machines qui encombrait le rempart donna vingt-six voitures de bois.

La machine à contre-poids a porté une foule de noms dont les plus communs ont été *Trébuchet* et *Trybock*. Il est difficile de savoir, dans bien des cas, si les mots *perière*, *engin à verge*, *couillard* s'appliquaient à cette machine ou à l'onagre qui a subsisté longtemps, mais qui paraît avoir fini par disparaître. L'habitude qu'on avait prise des gros projectiles avec les trébuchets avait sans doute fait négliger un engin qui n'aurait pu les lancer qu'avec d'énormes quantités de nerfs toujours très-difficiles à trouver, à préparer et à conserver en état. Quant à la machine euthytone et au scorpion, ils sont devenus successivement *mangonaux*, *arbalestres à tour* ou à *passe*, ou enfin *ribaudequins*. Jente Lipse qui vivait au XVIe siècle a vu, à l'arsenal de *Bruxelles*, une de ces machines dont il donne le dessin dans son *Poliorecticon* et qui est tout à fait semblable à l'oxybole des Grecs.

ARTS MILITAIRES

DEUXIÈME PARTIE

L'ARTILLERIE ANCIENNE. — L'ARTILLERIE MODERNE

SOMMAIRE.

I. L'ARTILLERIE ANCIENNE : Les premières bouches à feu, le bronze, les boulets de fer. Les affûts, unification des calibres. — Systèmes Vallière, Gribeauval, artillerie modèle 1827, canon obusier de 12. — II. L'ARTILLERIE MODERNE : Avant-propos. Relations qui doivent exister entre les différentes parties d'un système d'artillerie. — Derniers canons lisses. — *Artillerie de campagne :* Artillerie rayée jusqu'en 1867. — Progrès depuis 1867. — Bronze et acier. — Canons en acier frettés. — Canons en bronze-acier (UCHATIUS). — Comparaison des deux systèmes. — *Artillerie de siège :* Anciens canons et canons actuellement en service, le canon cuirassé KRUPP. — *Artillerie de côte et de marine :* Comparaison de quelques canons. — Les canons monstres. — *Obusiers et mortiers.* — *Mitrailleuses :* Canon-revolver HOTCHKISS. — *Affûts* : Affûts en fer et en acier,freins,affûts à éclipses, affûts hydrauliques. — *Poudres :* Anciennes poudres, poudre prismatique, poudres à gros grains, poudres diverses. — La fabrication des armes et engins de guerre en *France* et à l'*Etranger.*

I. — L'ARTILLERIE ANCIENNE.

C'est au commencement du XIVe siècle que l'on voit apparaître,pour la première fois, les armes de jet fondées sur l'emploi de la poudre. Les contemporains signalent leur emploi au siège du *Quesnoy* en 1339, sans toutefois y ajouter aucun commentaire, ce qui semble prouver que ces armes étaient déjà connues depuis quelque temps. A son début, l'artillerie ne fut donc pas, comme on pourrait le croire, l'objet d'une surprise et d'une admiration universelles, le signal d'une révolution soudaine dans l'art de combattre. En effet, les faibles effets des premières armes à feu ne leur donnaient guère d'autre supériorité sur les anciennes machines de guerre, que le bruit de la détonation. Elles lançaient ou des carreaux d'arbalètes ou de petits boulets de plomb avec de très-petites vitesses, et leur emploi, vu la mauvaise fabrication du canon et de la poudre, était presque aussi dangereux pour les bombardiers que pour l'ennemi.

Les bouches à feu étaient formées de barres de fer disposées l'une à côté de l'autre, comme les douves d'un tonneau, et soudées ou du moins rapprochées aussi bien que possible ; on obtenait ainsi un tube, ouvert aux deux bouts, qui n'aurait eu aucune résistance, s'il n'eût été recouvert sur toute sa longueur de cercles jointifs également en fer. La charge de poudre était disposée dans une pièce séparée, appelée boîte, qui formait la culasse de la pièce. La boîte était percée d'une lumière pour la mise du feu. Un étrier donnait un point d'appui à la boîte, qui était serrée à l'aide d'un coin contre le canon.

Il est curieux de voir ainsi à leur début, les bouches à feu présenter dans leur ensemble les mêmes dispositions que celles des canons les plus récemment construits. Le canon à boîte, tel que nous l'avons décrit, est en effet un canon fretté, se chargeant par la culasse, avec fermeture à coin. La poudre employée était composée d'éléments impurs, en proportion variable, plus ou moins bien mélangés. On comprend facilement que, dans de telles conditions, la manœuvre des armes à feu, fût excessivement dangereuse. Les calibres augmentèrent sans que le mode de fabrication fût changé; on vit alors les bombardes lançant des boulets de pierre de 100,200 livres et même plus. Un véritable progrès fut l'emploi du bronze fondu pour la fabrication des bombardes. Quoique très-défectueux encore, les premiers canons en bronze offraient une sécurité relative; et surtout la voie dans laquelle on entrait permettait les perfectionnements par tâtonnements, seule source de progrès possible, l'expérience et la théorie faisant également défaut aux premiers constructeurs.

Ajoutons que ces bouches à feu étaient, ou simplement posées sur des chantiers, ou placées sur des échafaudages en bois qui ne permettant aucun recul devaient être très-solides. Le lecteur pourra se faire une idée des difficultés qu'on éprouvait à transporter et à employer de pareils engins; il s'expliquera aisément le rôle modeste des armes à feu pendant toute cette époque, et ne sera plus étonné de rencontrer encore les arbalètes cent cinquante ans après l'apparition des premières armes à feu.

Cependant vers la fin du xv[e] siècle, l'art de fondre les canons s'étant perfectionné et les progrès de la métallurgie permettant de fabriquer des boulets en fonte de fer, on voit l'artillerie faire rapidement d'importants progrès, et réaliser à peu de chose près le type connu du canon lisse en bronze.

La bouche à feu, en alliage de cuivre et d'étain dans des proportions connues, est munie de tourillons. L'affût composé de 2 plateaux en bois placés de champ, appelés flasques, porte des roues, et sert à transporter en même temps qu'à tirer le canon. Le boulet en fer, d'un calibre plus petit, reçoit une vitesse plus grande qu'il conserve mieux. A partir de ce moment, les murailles les plus solides sont impuissantes à résister au canon, et la fortification ne pouvant plus se montrer au loin sans s'exposer à une ruine rapide et certaine, se transforme complètement et devient la fortification moderne.

La nouvelle artillerie, traînée en Italie par les armées de Charles VIII, fut l'objet de l'admiration et de la terreur générales. Ce n'était pas sans raison que les forteresses ouvraient leurs portes; celles qui essayèrent de résister furent rapidement ruinées et obligées de capituler ou prises de vive force.

Certes il y a loin de l'artillerie actuelle à celle que nous montrent les dessins de cette époque.

Quand on considère ces affûts grossiers, ces roues basses et massives; quand, surtout on voit cette lourde machine, la crosse frottant à terre, traînée par 15 ou 20 chevaux attelés à la file, on est porté à n'y voir que l'artillerie dans son enfance.

Si cependant on la compare à l'artillerie laissée aux mains des Suisses par Charles le Téméraire, on sera frappé des progrès obtenus en moins d'un siècle.

Sous le règne de Henri II, on dut entreprendre de régulariser les calibres; jusqu'alors chaque fondeur faisait un canon à sa guise. De ce moment date l'usage, officiellement reconnu, de désigner les bouches à feu par le poids de leur boulet.

Il y eut les six calibres de France : 32, 16, 8, 4, 2 et 1. Cependant la fabrication n'atteignit pas une perfection suffisante pour que chaque pièce ne fût encore astreinte à n'employer que des boulets fondus pour elle.

Peu après nous voyons apparaître les projectiles creux, chargés de poudre,

éclatant à l'endroit où ils tombaient. Ce furent d'abord des grenades lancées à la main. On introduisait la poudre par un trou ménagé dans la fonte. Cette ouverture était ensuite fermée par un tampon de bois creux dans lequel était tassée de la poudre fusante ; une amorce extérieure permettait de mettre le feu. L'homme, tenant la grenade à la main, mettait, avec une mèche, le feu à l'amorce, et lançait rapidement le projectile par dessus l'obstacle qui abritait l'ennemi.

Après plusieurs essais infructueux on parvint à lancer cette espèce de projectile avec des canons très-courts. La bombe et le mortier sont inventés. Ces engins furent à leur début assez incommodes : la poudre était recouverte d'un disque en bois, puis au-dessus on tassait de la terre humide, enfin on plaçait la bombe autour de laquelle on tassait encore de la terre. Ce chargement compliqué une fois effectué, le bombardier s'approchait, tenant une mèche de chaque main ; il allumait d'abord l'amorce de la bombe, puis la charge du mortier. C'est ce que l'on appelait le tir à deux feux. De cette façon la bombe n'éclatait pas avant d'être lancée, à moins toutefois qu'une cause accidentelle ne produisit un raté.

On reconnut bientôt qu'en supprimant le plateau en bois et la terre, les gaz de poudre qui passaient autour de la bombe suffisaient à l'allumer. Le mortier se trouva ainsi constitué tel qu'il existe encore.

Enfin on trouva le moyen de lancer des projectiles creux avec des bouches à feu longues et sous de petits angles. On eut l'obusier.

En 1732, le lieutenant général de Vallière régularisa à nouveau les calibres qui furent réduits à quatre : Ce furent ceux de 24, 16, 12 et 8. Trois mortiers de 12, 10 et 8 pouces complétèrent le système d'artillerie, qui porte le nom de Vallière. Ce système, très-bien étudié, donna aux canons les proportions générales qu'ils ont gardées jusqu'à nos jours.

Dans la dernière moitié du xviii[e] siècle, Gribeauval effectua dans l'artillerie un changement considérable, devenu nécessaire par suite de la mobilité des armées. Malgré l'opposition obstinée des hommes du métier, il divisa l'artillerie, suivant son objet, en artillerie de campagne, de siège, de place et de côte. Chacune de ces branches reçut un matériel approprié à son service spécial.

Les calibres de campagne furent au nombre de trois : le 12, le 8 et le 4. La charge du champ de bataille fut fixée au tiers du poids du boulet. Les pièces ne pesaient plus que 150 fois le poids du projectile, tandis que les pièces Vallière avaient 250 fois ce poids. Les affûts furent consolidés par des ferrures; l'essieu en bois fut supprimé et remplacé par un essieu en fer. Les roues des avant-trains furent augmentées; enfin le canon eut sur son affût deux positions spéciales pour le tir et pour la route, ce qui facilita beaucoup le tirage.

La mobilité du système fût considérablement augmentée.

En même temps, la rapidité du tir fut accrue très-notablement par l'emploi de la cartouche. Le boulet fut fixé à un sabot en bois et ce sabot relié au sachet contenant la charge. De cette façon, on enfonçait, d'un seul coup de refouloir, charge et projectile jusqu'au fond de l'âme. Les coffres à munitions furent compartimentés, de façon à recevoir toujours le même nombre de cartouches, disposées de façon à ne pas se détériorer pendant les transports. Les canonniers eurent chacun leur fonction bien déterminée et cette division du travail jointe aux perfectionnements apportés dans le matériel, permit de tirer avec le canon aussi vite qu'avec le fusil.

Pour éviter d'être obligé de faire passer la pièce de la position de tir à la position de route, quand on voulait le déplacer sur le champ de bataille, Gribeauval imagina la prolonge. C'est un cordage, à l'aide duquel l'avant-train attelé traîne à la remorque la pièce restée à la position de tir, et dont la crosse traîne sur le sol.

On exigea une certaine uniformité dans la fabrication des pièces et des boulets. Tous les boulets devaient passer en tous sens dans une lunette maximum, et ne passer en aucun sens dans une lunette minimum. Des moyens de vérification analogues furent appliqués aux bouches à feu, et, pour la première fois, tous les projectiles d'un même calibre purent être employés indifféremment dans tous les canons de ce calibre.

La même uniformité fut exigée dans toutes les pièces composant les voitures et affûts. Aussi les armées, munies de rechanges confectionnés d'avance, purent-elles opérer facilement et rapidement toutes les réparations.

Un dernier progrès date de cette époque : l'usage de la hausse. L'action de la pesanteur et la résistance de l'air modifient la vitesse dont est animé le projectile. L'Étude des lois qui régissent ces phénomènes, la balistique, fut l'objet de l'attention d'hommes éminents de cette époque. Euler, Bélidor, Robins jetèrent les bases de cette science, en s'appuyant sur les expériences commencées par Newton sur la résistance de l'air.

De tous ces travaux encore incomplets, on tira un certain nombre de règles qu'on introduisit dans la pratique par l'emploi de la hausse. Cet instrument, si simple et si utile, ne fut pas accepté sans résistance par les artilleurs dont il choquait les habitudes.

Le matériel Gribeauval figura dans toutes les guerres de la République et de l'Empire et contribua notablement aux succès des armées. Sa mobilité permit la création de l'artillerie à cheval, innovation qui date des premières années de la révolution.

L'artillerie de siège, de place et de côte, conserva beaucoup plus de points de ressemblance avec le système Vallière, et les changements adoptés furent relativement minimes.

Cependant, de nouveaux progrès s'étant produits surtout en *Angleterre*, un nouveau système d'artillerie fut créé en 1827, sous la direction du général Vallée. Les canons de bataille sont conservés à l'exception du canon de 4, abandonné comme insuffisant. Mais deux obusiers de campagne de 16 et 15 centimètres furent créés. Les 4 roues de la voiture deviennent égales ; les deux trains sont reliés de façon à les rendre très-indépendants, et à faciliter leur séparation ; a pièce voyage à la position de tir. Le système d'artillerie est complété par un lobusier de 12 centimètres, destiné à la guerre de montagne, et qui peut être transporté à dos de mulet. Cette nouvelle bouche à feu a rendu les plus grands services en *Algérie*.

En 1853, une pièce, appelée canon-obusier de 12, fut créée d'après les idées émises par le prince Louis Napoléon. Destinée à unifier complètement les calibres, la nouvelle pièce tirait indifféremment un boulet de 12 et un obus de 12 centimètres. La charge pour le tir à boulet fut nécessairement réduit au quart du poids du projectile.

Mais déjà commençaient les Études sur les canons rayés ; on allait se lancer dans une voie complètement nouvelle, sinon par les principes indiqués depuis longtemps (1), mais par les résultats. Ces résultats sont dus à l'esprit de méthode,

(1) Après une théorie sur le mouvement des projectiles tirés dans les armes rayées, dans laquelle il discute les résultats des expériences faites par lui, Robins cherche un moyen d'appliquer les rayures au tir des projectiles en fonte. Le plomb seul jusque-là avait été employé à cause de sa malléabilité. Il termine en disant : « j'ajouterai que « la nation chez qui l'on parviendra à bien comprendre la nature et l'avantage des « canons rayés, où l'on aura la facilité de les construire, où les armées en feront usage « et sauront les manier avec habileté, que cette nation, dis-je, acquerra sur les autres « une supériorité, quant à l'artillerie, égale à celle que pourraient lui donner toutes

qui distingue les essais de tout genre entrepris aujourd'hui ; à l'avancement des sciences, qui ont éclairé toutes les questions relatives à l'artillerie d'un jour tout nouveau ; enfin aux progrès de la métallurgie, qui met à la disposition des constructeurs de canons des éléments d'une résistance jusqu'alors inconnue.

La seconde partie de ces études est consacrée à l'examen des nouvelles bouches à feu.

II. — L'ARTILLERIE MODERNE.

Avant-propos. — Avant d'entreprendre la description des plus remarquables systèmes d'artillerie aujourd'hui en usage et de les apprécier, il nous a paru indispensable de poser en quelques mots les règles théoriques qui sont la base de toute étude de ce genre. Les lois de la mécanique fournissent de précieuses données sur les relations qui doivent exister entre les diverses parties : canon, projectile, poudre et affût. Des expériences nombreuses et patiemment poursuivies ont servi à vérifier les prévisions de la théorie ou à établir des formules empiriques, qui s'approchent de plus en plus de la vérité. Nos raisonnements ultérieurs auront ainsi une base solidement établie. Connaissant les difficultés auxquelles viennent se heurter les novateurs il nous sera plus facile de porter sur leur œuvre un jugement équitable.

Relations qui existent entre les différentes parties d'un système d'artillerie. Le but qu'on se propose est de lancer au loin un projectile. Cette masse, animée d'une grande vitesse, est destinée soit à briser des obstacles matériels, soit à produire des effets meurtriers sur des troupes. On peut dire, en général, que plus la masse, la vitesse, la portée et la justesse seront grandes, plus le projectile pourra produire de puissants effets.

Projectile. — Le premier objet qui se présente à notre examen est donc le projectile. Il ne suffit pas de lui imprimer une vitesse considérable, il faut encore faire en sorte que la résistance de l'air ne réduise pas trop rapidement cette vitesse. Or, la résistance de l'air est proportionnelle à la surface sur laquelle elle s'exerce ; elle dépend aussi de la forme de l'objet. Le poids P restant le même, la section S du projectile devra donc être réduite autant que possible. De là les projectiles oblongs, dont la forme est d'ailleurs favorable à la conservation de la vitesse, mais nécessite la rotation autour de l'axe, pour maintenir la pointe toujours en avant. La diminution du calibre est limitée par la nécessité d'avoir une charge intérieure suffisante pour produire des effets sérieux d'éclatement et par l'épaisseur des parois qui ne peut descendre au-dessous d'une certaine limite.

Le poids du projectile par centimètre carré de section $\left(\frac{P}{S}\right)$ se trouve renfermé par ces exigences contraires entre des limites, assez étendues théoriquement, mais que des considérations tirées de l'étude des autres parties du matériel fixent pour chaque calibre suivant les progrès de la science et de l'industrie.

« les inventions qu'on a faites jusqu'à présent pour perfectionner les armes quelconques ; « j'ose même dire que ses troupes auront par là autant d'avantages, sur les autres, « qu'en avaient de leur temps les premiers inventeurs des armes à feu suivant ce que « nous rapporte l'histoire. » Traité de Mathématiques de Benjamin Robins, traduit de l'anglais par Dupuy, *Grenoble* 1771.

Ce rapport pour les canons de campagne a varié de 42 grammes (obusier lisse de 15) à 124 grammes (canon de 7).

Il est clair d'ailleurs que les gros calibres seront sous ce rapport toujours supérieurs aux petits, le poids croissant comme le cube et la section comme le carré des calibres. Le rapport $\frac{P}{S}$ doit donc croître proportionnellement au calibre. Ainsi : pour le 8 lisse on trouve 45 grammes et 66 pour le 24 lisse; de même : le 9[c] prussien donne 115 grammes et le 21[c] 230 grammes. Quelques gros calibres dépassent actuellement 620 grammes.

Si nous posons $\frac{P}{S} = ac$, c étant le calibre, nous voyons le coefficient a croître avec les progrès de l'artillerie. Pour les boulets sphériques $a=4,7$, pour les obus du 12 rayé $a=9$ pour le canon de 8[c] suisse $a=11,5$, pour le canon de 9[c] prussien $a=13,1$, enfin pour le canon de 100 tonnes : $a=14,3$.

Bouches à feu. — Les machines destinées à lancer les projectiles au moyen de la poudre sont connues sous la dénomination générale de bouches à feu. La pression des gaz développés par la combustion de la poudre s'exerce sur la surface arrière ou culot du projectile, et la force qui en résulte est proportionnelle à la section S. Plus le rapport $\frac{P}{S}$ sera considérable, moins pour la même pression la vitesse obtenue sera grande; ou si l'on impose une vitesse donnée, plus la pression devra être considérable et la bouche à feu résistante. Mais le poids de cette bouche à feu est limité; c'est donc dans la nature même du métal, dans les méthodes de construction et non dans des surépaisseurs, qu'il est rationnel de chercher l'augmentation de résistance.

Poudre. — La pression du gaz est très-variable pendant le temps très-court que le projectile met à parcourir l'âme. Elle augmente brusquement dans les premiers instants, pour diminuer ensuite rapidement jusqu'au moment où le projectile sort du canon. Au point de vue de la résistance de la bouche à feu, il convient de réduire la pression maximum à ce qui est strictement nécessaire pour obtenir le résultat cherché. On peut y arriver de deux façons : 1° en diminuant la charge de poudre et en augmentant le temps pendant lequel les gaz agissent, c'est-à-dire la longueur de la pièce ; 2° en employant des poudres spéciales, dont la combustion plus lente et plus continue donne la même pression moyenne sans atteindre un maximum dangereux. Nous avons vu que le rapport $\frac{P}{S}$ croissait comme les calibres; pour obtenir les mêmes vitesses, les pressions augmenteront dans une proportion analogue.

Affût. — Le problème est déjà très-complexe, et cependant il y a un quatrième élément dont il est indispensable de tenir compte : c'est l'affût. Lorsque le projectile quitte la bouche à feu, celle-ci est animée d'un mouvement en arrière qu'on nomme le recul. L'égalité des quantités de mouvement, montre que la vitesse de ce recul sera d'autant plus grande que le poids du projectile et sa vitesse seront plus considérables et que le poids de la bouche à feu sera plus faible. Le canon vient choquer l'affût et l'entraîne dans son recul. Les percussions sur le sol, les vibrations et les déformations plus ou moins sensibles du système absorbent la force vive perdue. Cette dernière quantité, qui représente l'action destructive est variable suivant la manière dont on répartit entre le canon et l'affût le poids total dont on peut disposer. Il est facile de s'en rendre compte par un calcul approximatif, mais élémentaire.

Soient : m, la masse du projectile, V, la vitesse initiale ;
m', — du canon, V', — de recul du canon seul ;
m'', — de l'affût, V'', — — de l'ensemble.

La relation $mV = m'V'$ permet de calculer V', et par suite la demi-force vive du canon reculant seul :

$$\frac{1}{2} m'V'^2 = \frac{1}{2} \frac{m^2}{m'} V^2.$$

D'un autre côté, $(m + m'') V'' = m'V' = mV$; ce qui permet de calculer V'' et la demi-force vive du canon et de l'affût reculant ensemble :

$$\frac{1}{2}(m'+m'')V''^2 = {}^1/_2 \frac{m^2}{m'+m''} V^2.$$

Le frottement sur le sol ou contre les obstacles artificiels annulent cette force vive ; mais la différence :

$$\frac{1}{2} m'V'^2 - \frac{1}{2}(m'+m'')V''^2 = {}^1/_2 m^2V^2 \left(\frac{m'}{m'(m'+m'')}\right)$$

a été absorbée par l'affût et tend à sa destruction. Si le poids total est limité comme dans les canons de campagne, on peut, dans de certaines limites, en faire varier la répartition entre le canon et l'affût.

Dans ce cas $(m' + m'')$, doit être considéré comme constant, et nous voyons qu'il y a le plus grand avantage à diminuer le rapport $\frac{m''}{m'}$, c'est-à-dire à reporter la plus grande partie du poids sur le canon aux dépens de l'affût.

Enfin, pour l'artillerie de campagne, le poids total : affût, canon, voitures, munitions et accessoires ne doit pas dépasser 2000 kil. Ce chiffre fourni par l'expérience, représente le maximum des efforts que l'on peut imposer à un attelage de 6 chevaux de force moyenne pendant la durée d'une campagne.

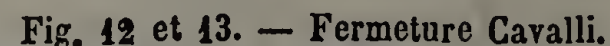
Cet exposé sommaire des éléments qui entrent dans un système d'artillerie, permet de se faire une idée de l'influence de chacun d'eux sur l'ensemble. Il suffit pour faire voir combien il est difficile de remplir toutes les conditions de portée et de justesse, de puissance et de mobilité que réclament les besoins de l'artillerie moderne. Nous aurons maintenant plus de facilité pour apprécier les canons que nous étudierons, et nous verrons plus clairement, non-seulement quel est l'élément du problème qui a été plus ou moins bien étudié, mais encore, les conséquences qui en résultent pour la qualité du système pris dans son ensemble.

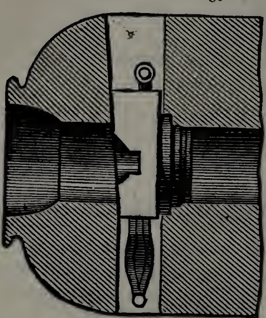
Artillerie lisse. — Les canons lisses se chargeant par la bouche et lançant des projectiles sphériques ont constitué à eux seuls l'artillerie jusqu'à une époque très-récente. Comme exemple du système qui a précédé immédiatement l'ère des canons rayés, nous rappellerons les données principales du canon de 12 (1) français. Le projectile pesait 6 kil. ; la charge de 2 kil. de poudre lui donnait une vitesse de 488 mètres. Le boulet ne pesait que 52 gr. par centimètre

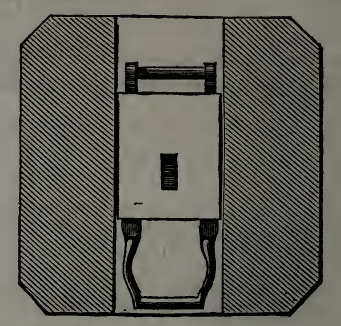
(1) Le calibre était désigné par le poids en livres du boulet sphérique plein en fonte de fer. Cette dénomination a prévalu jusqu'à ces dernières années, même pour le canon rayé. Elle est aujourd'hui abandonnée; on désigne les canons par le diamètre de l'âme exprimé en centimètres ou en millimètres. Quelques gros calibres sont connus et désignés par le poids du canon.

carré de section ; aussi malgré sa grande vitesse au départ, les portées efficaces ne dépassaient pas 1200 mètres. Le canon pesait 880 kil. et l'affût 600 kil.

Chargement par la culasse. — Le chargement par la culasse avait été déjà proposé pour les pièces lisses. Un projet de canon se chargeant par la culasse,


Fig. 12 et 13. — Fermeture Cavalli.


Fig. 12. — Plan.


Fig. 13. — Coupe en travers.

et destiné à tirer sous des casemates, fut établi dès 1833 par M. Cavalli, officier piémontais; c'est le système à coin, fig. 12 et 13. Des bouches à feu de ce système, étaient mises en commande en Suède, quand en 1845 M. Cavalli eut l'idée de les modifier, pour leur faire lancer des projectiles oblongs animés d'un mouvement de rotation, comme les balles des carabines rayés. Le canon n'avait que deux rayures diamétralement opposées ; le projectile portait deux oreilles correspondantes.

Le système *Wahrendorff*, fig. 14, qui date à peu près du même temps, se compose d'un piston qui ferme la culasse; un verrou transversal supporte le recul. Ce système a servi de base à l'étude des canons rayés en Prusse.

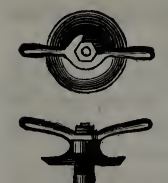



Fig. 14. Piston de la fermeture Wahrendorff.

Artillerie rayée. — Artillerie de campagne. — A la suite d'essais, commencés en 1847 sur la demande et d'après les idées du capitaine Tamisier, fig. 15, interrompus et repris, enfin poursuivis méthodiquement pendant plusieurs années, un système d'artillerie complétement nouveau fut adopté en France, sous le nom de modèle 1858. Ce système reçut dès l'année suivante, pendant la campagne d'Italie, la sanction de l'expérience. La portée et la justesse avaient été remarquablement accrues et l'emploi exclusif de projectiles éclatant au but même augmentait encore les effets meurtriers.

Le canon de 4 rayé peut être considéré comme le type du nouveau système d'artillerie. Ce canon est très-connu; nous ne le décrirons pas, nous en rappellerons seulement les traits généraux et caractéristiques.

Le canon, se chargeant par la bouche, présentait intérieurement six rayures en hélice. Le fond des rayures, concentrique à l'âme, était raccordé avec elle par deux plans inclinés, l'un raide, appelé flanc de tir. L'obus cylindro-ogival recevait douze ailettes en zinc laminé disposées en deux couronnes, l'une à la naissance de l'ogive, l'autre près du culot. Ces ailettes avaient une forme analogue à celle des rayures, de façon à y entrer avec un jeu assez

considérable. Une des rayures se rétrécissait vers le fond de l'âme, de façon à n'avoir plus que la largeur des ailettes. Cet artifice de construction était destiné à amener, dès le départ, les ailettes du projectile en contact avec le flanc de tir et à éviter les chocs.

Le poids du projectile était à peu près double de celui du boulet sphérique correspondant au calibre; soit 4 kil. Le rapport $\frac{P}{S}$ était plus fort que pour les boulets lisses; il passait de 52 gr. à 68. Aussi la conservation de la vitesse était-elle meilleure et malgré une vitesse initiale assez faible, 348 mètres, les portées étaient-elles pour le même angle de tir, notablement plus grandes que dans les canons lisses. Mais surtout la justesse obtenue, permettait d'utiliser des angles de tir et des portées tout à fait inusitées. Pour ne pas fatiguer trop la bouche à

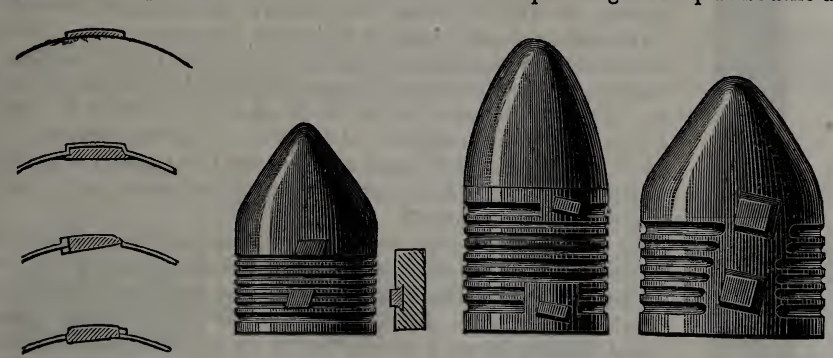


Fig. 15. — Projectiles et rayures Tamisier.

feu et l'affût, tous deux très-légers, puisqu'on ne voulait atteler que 4 chevaux, on avait dû se contenter d'une faible vitesse, et par conséquent d'une trajectoire peu *tendue*. La *tension* de la trajectoire dans les canons rayés, est en effet un des résultats obtenus seulement dans ces dernières années. Son importance est très-grande; car plus l'angle de chute est faible, plus la *zône dangereuse* (1) est agrandie.

Malgré ses défauts, le système d'artillerie modèle 1858 marquait un grand progrès, c'était le commencement d'une révolution complète de l'artillerie.

Tous les États s'étant mis à l'œuvre dans la voie déjà tracée par M. Cavalli, et en très-peu de temps le matériel d'artillerie fut complétement renouvelé. Chaque puissance à la suite des expériences qu'elle exécuta, adopta un système établi, d'après les idées nouvelles plus ou moins heureusement appliquées.

Les unes adoptèrent un matériel en bronze se chargeant par la bouche, se rapprochant beaucoup, par l'ensemble des dispositions, du matériel français. D'autres, faisant un pas de plus, adoptèrent le canon se chargeant par la culasse, et substituèrent l'acier fondu au bronze. De ce moment date la lutte entre les partisans des deux métaux. Ces systèmes d'artillerie furent exposés en 1867, nous ne les décrirons donc pas; nous rappellerons seulement en quelques lignes les dispositions principales d'un des canons pris parmi ceux qui, supérieurs au système français, marquèrent une nouvelle étape dans la voie du progrès. Nous choisirons le canon de 4 prussien.

(1) On appelle zone dangereuse pour l'infanterie, la longueur de la bande de terrain sur laquelle un fantassin ne peut se placer sans être atteint; cette longueur augmente évidemment quand l'angle de chute diminue.

Canon de 4 prussien. — La Prusse étudia les canons rayés en même temps que la France, sinon même un peu plus tôt. Les expériences y furent enveloppées d'un tel secret que l'on ignore le moment où elles commencèrent, les différentes phases par lesquelles elles ont passé, et même la date de l'adoption du système rayé qui en fut le résultat. Si les canons lisses figurèrent encore pour une large part dans le matériel de l'artillerie prussienne pendant la campagne de 1866, il faut l'attribuer à des difficultés financières.

Il est probable que c'est à la suite des expériences sur les canons Cavalli, que la Prusse commença ses essais. En utilisant l'un des deux procédés de chargement par la culasse récemment mis au jour, et en se basant sur les études faites avec les carabines rayées, on arriva à former une artillerie complétement nouvelle et notablement supérieure à celle des puissances qui s'étaient contentées de transformer leur ancien matériel lisse. Les nouveaux canons, même ceux de campagne, furent construits d'abord en fonte. Un peu plus tard on les fit en acier. Le canon de 6 qui fut le premier type adopté, est à fermeture Wahrendorff, fig. 14 et 17. L'obturation fut obtenue par un culot en carton comprimé fixé à la gargousse. Les projectiles étaient en fonte et recouverts d'une chemise de plomb.

Le canon de 4, fig. 16, établi après le canon de 6, est en acier; la fermeture de culasse est à coin, fig. 17. Le poids du projectile est de $4^{k},250$; sa vitesse initiale de 360 mètres. Le poids par centimètre carré monte à 88 gr. Le canon est léger 291 kil., l'affût est plus lourd 450 kil.; grâce à la suppression du vent, le projectile plus lourd que celui de 4 français, reçoit une vitesse supérieure avec une charge moindre. La conservation de la vitesse étant mieux assurée par l'augmentation du rapport $\frac{P}{S}$, la trajectoire ne peut manquer d'être plus tendue et les portées plus grandes; le forcement augmente la justesse. Le poids total, canon et affût, est mal réparti; le canon est trop léger et l'affût trop lourd.

Quoique supérieur au système français, le canon de 4 prussien est encore loin de donner à son projectile la vitesse des anciens canons lisses. Il peut être considéré comme représentant l'état de l'artillerie en 1867, et peut servir de point de comparaison, quand on veut apprécier les progrès réalisés depuis cette époque.



Fig. 16. Canon de 4 prussien.

Canon Whitworth. — Dans une revue, si rapide qu'elle soit, de l'artillerie rayée, il est impossible de ne pas dire un mot du système si original de M. Whitworth, quoiqu'il n'ait été adopté par aucune puissance.

La section de l'âme est un hexagone à angles arrondis, fig. 18 et 19. Le projectile très-allongé, est raboté à sa surface extérieure par une machine spéciale, de manière à présenter une section de même forme. La suppression de tout métal mou, interposé entre l'âme et l'obus, évite les dégradations pendant les transports. Les surfaces d'appui sont très-grandes et quand le graissage est convenable, le frottement est assez faible, la rotation rapide augmente la justesse. La tension de la trajectoire, et par suite les portées sont très-grandes, quoique la vitesse initiale soit ordinaire, 385 mètres environ.

Progrès depuis 1867. — Pour arriver à obtenir une trajectoire plus tendue et une justesse plus grande il a fallu augmenter les vitesses initiales et employer le forcement, c'est-à-dire, le chargement par la culasse. On a supprimé les tenons saillants qui augmentent notablement la résistance de l'air et la chemise de plomb qui contrarie le bon fractionnement des obus, et qui de plus est sujette à se détacher partiellement pendant le trajet en l'air. Le projectile reçoit une ou plusieurs ceintures en métal mou, généralement en cuivre rouge qui, en se moulant dans les rayures, lui communique le mouvement de rotation. La suppression du vent qui détériorait rapidement les bouches à feu, favorise à la fois l'augmentation de vitesse par l'utilisation de toute la force des gaz et la justesse par la meilleure conservation du canon et le centrage plus parfait du projectile

Bronze et acier. — Pour augmenter la vitesse on pouvait réduire le poids du projectile; mais l'augmentation ainsi obtenue eût été illusoire, car la résistance de l'air eût promptement annulé cet accroissement, et en somme on eût été

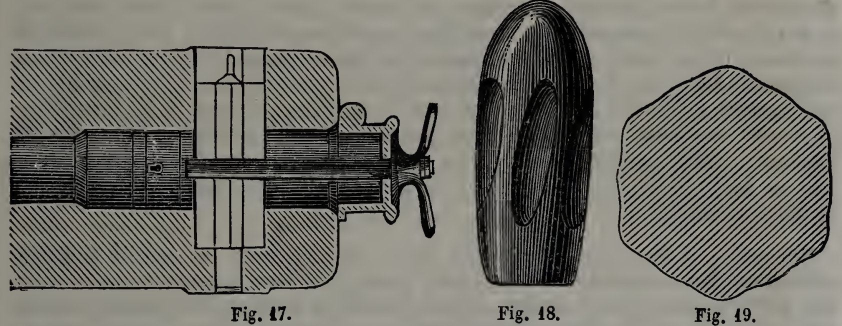


Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

Fig. 17. — Fermeture du canon de 4 prussien. — Fig. 18. Section de l'âme d'un canon Whitworth Fig. 19. — Projectile Whitworth.

contre le but cherché, la tension de la trajectoire. Il a donc fallu augmenter la force motrice, autrement dit la charge de poudre et les pressions des gaz à l'intérieur de la bouche à feu. On est alors venu se heurter contre la difficulté de créer une bouche à feu capable de résister à ces grandes pressions. La limite d'élasticité du bronze étant assez faible, les canons de ce métal se gonflaient et trahissaient une fatigue évidente. De plus, on était obligé de conserver la chemise en plomb, le bronze étant trop mou pour entailler tout autre métal. L'acier convenablement trempé résistait généralement, mais souvent éclatait sans avoir montré trace de fatigue, il n'offrait donc pas de sécurité.

Le problème était très-difficile sinon presque impossible à résoudre, au moins dans les termes où nous l'avons posé. Mais des expériences poursuivies depuis quelque temps déjà sur les poudres permirent de le simplifier. En effet, les nouvelles poudres étudiées, connues sous le nom de poudres lentes, permirent d'augmenter la charge sans augmenter beaucoup la pression maximum.

Telles sont les poudres *Pebble*, *Pellet*, *Vetteren*, la *poudre prismatique*, etc. La poudre à canon ordinaire, comprimée fortement à la presse hydraulique, jouit, quoique à un moindre degré, des mêmes propriétés. La plus importante de ces propriétés, au point de vue qui nous occupe, est de brûler d'une façon plus lente et plus continue. Les anciennes poudres produisent, très-peu de temps après l'inflammation, une pression énorme qui s'abaisse aussitôt et devient très-faible pendant la dernière moitié du trajet du projectile dans l'âme; avec les

poudres lentes au contraire, la quantité de gaz développée au début est plus faible, mais reste suffisante pendant tout le temps pour compenser et au-delà la différence des premiers instants. Le résultat final, c'est-à-dire la somme des efforts est plus considérable et la fatigue imposée au canon est diminuée.

Le problème quoique simplifié n'était pas encore résolu. Il fallait obvier aux défauts que présentaient les seuls métaux que l'on pût employer et construire une bouche à feu qui réunît la résistance, la dureté de l'âme et la sécurité nécessaires.

La solution fut d'abord obtenue avec l'acier. Plus tard on est parvenu à donner au bronze les qualités qui lui manquaient. Nous examinerons successivement les deux méthodes de fabrication.

Bouches à feu en acier fretté. — Frettage. — Les frettes sont des anneaux en acier trempé que l'on place à chaud et avec un certain serrage sur le corps du canon. Les frettes peuvent être forgées de différentes façons : La plus simple consiste à prendre un disque plein et à percer à la forge un trou central qu'on agrandit ensuite. La méthode par enroulement généralement adoptée en France consiste à prendre des barres d'acier puddlé choisi avec soin et à les enrouler autour d'un mandrin, les spires de l'hélice ainsi formée se touchant; on les soude ensuite au pilon. Les frettes passent au laminoir vertical comme les bandages de roues de chemins de fer, sont trempées et enfin achevées sur le tour. L'alésage doit être fait avec le plus grand soin et les diamètres intérieurs des frettes destinées à un même canon ne doivent différer que de quelques centièmes de millimètres. Le canon est tourné au diamètre des frettes qui lui sont destinées augmenté du serrage. Les frettes sont mises en place à chaud et refroidies.

Sécurité. — Les résultats obtenus par le frettage sont la sécurité et l'augmentation de la résistance transversale, quoique, il faut le remarquer, le poids des frettes soit seulement substitué à un poids égal du corps de canon. En effet, nous avons vu que, au moins pour l'artillerie de campagne, le poids de la bouche à feu ne pouvait pas être augmenté. Mais l'acier des frettes employé en petites masses peut être mieux travaillé et mieux disposé pour la résistance; de plus, les défauts graves de fabrication sont moins probables et plus facilement reconnus. Le tube intérieur vint-il à se fendre, les frettes retiendraient les éclats. Ces prévisions ont été justifiées par l'expérience.

Résistance. — Dans un tube pressé par l'intérieur, les couches externes contribuent peu à la résistance; c'est toujours la surface intérieure qui supporte les plus grands efforts. Si l'on supprime la moitié extérieure des parois et qu'on la remplace par des frettes posées avec serrage, le cylindre primitif est comprimé. L'effort résultant de cette compression est supporté par les frettes; il en est de même pour une partie des pressions du gaz. Tant que la surface intérieure n'a pas repris les dimensions qu'elle aurait si elle n'était pas comprimée par les frettes, le tube intérieur ne fait que transmettre les pressions aux frettes et ne subit aucun effort tendant à le déchirer. Le frettage a donc pour résultat de répartir d'une façon plus égale sur toute l'épaisseur du métal, les efforts qui autrement seraient supportés presque exclusivement par les couches voisines de l'intérieur.

Il faut observer que nous ne parlons ici que de la résistance dans le sens transversal. La résistance longitudinale, autrement dit la résistance au déculassement n'est nullement augmentée, elle est même légèrement diminuée. Aussi la partie du canon qui reçoit le mécanisme de fermeture a-t-elle généralement des épaisseurs plus grandes.

Acier à canons. — L'acier employé pour le corps de canons doit être un acier doux contenant environ 4 millièmes de carbone. L'usine de M. Krupp à Essen n'emploie que l'acier au petit creuset.

En France, les procédés Bessemer et Martin sont exclusivement et indifféremment employés. Le lingot est forgé et transformé en une barre cylindrique dont on coupe les deux extrémités, le milieu est seul employé. Généralement chaque barre fournit plusieurs corps de canons. Chacun d'eux est dégrossi, foré puis trempé à l'huile. Alors on procède aux essais et aux épreuves qui doivent donner des indications sur la nature et la qualité du métal. L'analyse chimique, quoique très-utile, est insuffisante; elle ne renseigne en aucune façon sur l'état moléculaire. On coupe à chaque bout du tube une rondelle, dans laquelle on prend des barreaux échantillons. Les essais ne sont pas exécutés partout de la même façon ; mais l'épreuve à la traction est faite dans toutes les usines. Un barreau cylindrique, muni de deux renflements ou têtes, est placé sur une machine, dont le principal organe est, ou un levier, ou une presse hydraulique. Cette machine tire le barreau suivant son axe jusqu'à rupture. Des repères, tracés sur le barreau, permettent de mesurer les allongements qu'il subit sous des efforts connus. Cette mesure des allongements est faite avec un appareil à lunette et à vis micrométrique. Les efforts sont indiqués par un manomètre. On observe ainsi la charge et l'allongement correspondant, à des intervalles rapprochés, jusqu'à ce que la rupture se produise. On voit d'abord les allongements croître proportionnellement aux efforts, puis augmenter brusquement, ce qui indique que la limite d'élasticité du barreau vient d'être dépassée.

La limite d'élasticité assure la résistance. L'écart entre cette limite et la rupture assure la sécurité; grâce à l'allongement que peut prendre le métal, le canon trahira sa fatigue par des déformations sensibles, avant que la rupture se produise.

Le corps de canon qui a donné des résultats satisfaisants dans tous les essais, qui n'a laissé voir pendant l'usinage aucun défaut, aucune irrégularité de contexture, qui enfin a subi sans dégradation les épreuves de tir, offre une sécurité très-grande, que l'on peut considérer comme absolue.

Comme exemple de ce genre de canons nous allons étudier le nouveau matériel allemand.

Canons prussiens. — Les bouches à feu de campagne, modèle 1873, sont de deux calibres; la pièce de 9 centimètres (calibre 85 $^{m}/_{m}$) et la pièce de 8 centimètres (calibre 78 $^{m}/_{m}$ 5). Elles sont exactement semblables. La fig. 1 de la pl. IX montre la pièce sur son affût, et la fig. 2, même planche, l'avant-train avec son compartimentage.

Ces canons sont en acier et frettés jusque un peu au-delà des tourillons, qu sont portés par une des frettes. La fermeture de culasse est du système Krupp, à coin cylindro prismatique, pl. XI, fig. 3 et 4. Le coin se meut horizontalement dans une mortaise de même forme, à l'aide d'une manette placée du côté gauche. Une vis, logée dans le coin et prenant point d'appui sur le canon, pousse le coin à fond, quand on l'a amené à la main près de sa position. De même, elle sert à le desserrer après le coup parti. Ces deux mouvements ne pourraient se faire à la main. La lumière est percée obliquement dans la partie postérieure de la pièce et dans le coin. Le grain de lumière est composé de deux parties: l'une en acier vissée dans la pièce, débouche dans la mortaise et limite le mouvement du coin; l'autre en cuivre rouge est vissée dans le coin et débouche au centre de l'âme. Un petit anneau obturateur est logé dans le coin au raccordement des deux grains.

L'obturateur est un anneau Broadwel en acier qui s'appuie sur une plaque d'acier logée dans la face antérieure du coin, pl. XI, fig. 5.

Le tableau suivant résume les principales données relatives aux deux calibres :

	CANON de 9 centimètres.	CANON de 8 centimètres.
Calibre	88 m/m	78,5 m/m
Longueur totale	2100 m/m	2100 m/m
Nombre de rayures	24	24
Poids (avec le coin)	450k	390
Poids de l'obus	7,0k	5,07k
Poids de l'obus par centimètre carré de section	115g	105g
Poids de la charge	1,500k	1,250k
Vitesse initiale	445m	465m
Nombre de coups portés dans le coffre d'avant-train	33	39
Poids de l'affût	540k	500k
Poids total de la voiture	1940k	1800k
Nombre de chevaux	6	6

On voit que malgré leur poids considérable par centimètre carré les obus ont une vitesse initiale très-grande. Les bouches à feu sont relativement très-légères ainsi que l'ensemble du système.

Les obus avaient primitivement des ceintures en plomb durci; elles ont été remplacées par des ceintures en cuivre rouge.

Nous joindrons à cette description quelques renseignements sur le tir.

DISTANCES.	ANGLES DE TIR.		ANGLES DE CHUTE.		VITESSES restantes.		Zônes dangereuses pour l'infanterie.		BANDES CONTENANT 50 p. 100 DES COUPS. Largeur.		Longueur.	
Mètres	Degrés.		Degrés.		Mètres.		Mètres.		Mètres.		Mètres.	
	9 cent.	8 cent.	9 cent.	8 cent.	9 cent.	8 cent.	9 cent.	8 cent.	9 cent.	8 cent.	9 cent.	8 cent.
500	34′	30′	56′	49′	364	379	161	172	0,3	0,4	16	16
1000	1°37′	1°30′	2°15′	2°7′	320	330	55	61	0,7	0,8	18	19
2000	4°7′	3°49′	6°30′	6°7′	264	272	17	18	1,7	2,0	23	25
3000	7°30	7°15′	12°11′	11°30′	235	239	9	9	3,0	3,6	29	34
4000	11°37	11°41′	19°7′	18°30′	220	220	5	6	4,6	5,8	36	44
5000	17°	17°26′	27°19′	26°52′	212	209	3	3	6,7	8,5	44	55

OBSERVATIONS. — Le nombre des éclats efficaces est d'environ 76 pour les 2 calibres. Les hausses ne sont graduées que jusqu'à 4200 mètres pour le 9 cent. et 4000 pour le 8 cent. Les affûts ne permettent le tir que jusqu'à 18° pour le 9 cent. et 16°30 pour le 8 cent.

On voit combien ces canons sont supérieurs, comme justesse et comme portée aux canons d'un seul bloc en service dans la même armée avant 1873.

Un projectile nouveau dit *obus à double paroi*, fig. 20, a été adopté en même temps que le nouveau matériel. Cet obus est à fragmentation systématique, c'est-à-dire que des lignes de rupture sont préparées de façon que le nombre des éclats soit considérable; chacun de ces éclats conservant un poids suffisant et uniforme.

On commence par fondre un cylindre creux de peu d'épaisseur, et dont la surface extérieure est hérissée de pyramides à base carrée disposées régulièrement. On place la chemise ainsi formée autour du noyau intérieur, qui doit servir à la fonte du projectile et on opère la coulée. La fonte emprisonne le

cylindre primitif, et, après le démoulage, on obtient un obus qui justifie parfaitement son nom d'obus à double paroi.

La présence des pyramides dessine, tant dans le cylindre intérieur que dans l'enveloppe des lignes de facile rupture suivant lesquels la poudre devra déchirer son enveloppe de fonte. L'expérience a justifié en partie ces prévisions et, contre des troupes, ces obus ont un effet bien supérieur aux obus ordinaires.

L'adoption de ce projectile augmentait donc la valeur du nouveau matériel de campagne.

Pendant la guerre de 1870-71 un grand nombre de bouches à feu (quelques écrivains disent 200), ont, de l'aveu même de M. KRUPP, été mises hors de service par suite d'accidents survenus dans le mécanisme et surtout par l'emplombage de l'âme. La suppression des ceintures de plomb et la simplicité du mécanisme ont écarté les dangers. Quant à la sécurité, elle est complète pour la partie frettée; pour la partie située vers la bouche il n'en est pas tout à fait de même. Un canon de 8 centimètres s'est fendu sans éclater le 30 juin 1875 à Glogau; mais dans un tir d'épreuve un canon de gros calibre pesant plus de 15,000 kilog. s'est brisé au cinquième coup. La volée a été projetée à vingt pas en avant, et la culasse lancée en arrière s'est arrêtée à environ dix pas, après avoir tué un sous-officier et blessé un officier. Il semble résulter cependant de l'ensemble des faits connus que pour les petits calibres la sécurité est suffisamment assurée.

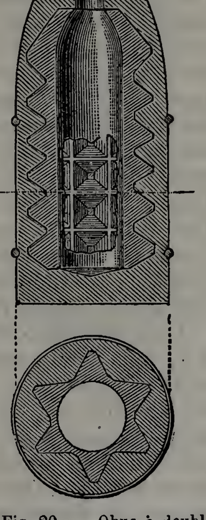


Fig. 20. — Obus à double paroi.

Canons en bronze. — Comme utilisation du bronze fabriqué par les méthodes ordinaires, il faut citer le système du colonel DE REFFYE, son canon de 7 mis en essai, au mois de juiu 1870, a été fabriqué en assez grand nombre pendant les derniers mois de la même année et a même pu prendre part à la fin de la guerre contre l'Allemagne, et à la lutte contre la Commune. Légèrement modifié, et remis en expérience en 1873, il a été, à cette époque, apprécié ainsi qu'il suit : « Le canon de 7 constitue un système d'artillerie de campagne qui peut soutenir la comparaison avec les meilleurs canons actuellement en service à l'étranger. »

Le chargement par la culasse, l'emploi de la poudre comprimée et renfermée dans une cartouche métallique sont les points saillants du système. Le projectile a un poids de 124 grammes par centimètre carré de section, ce qui lui assure une trajectoire très-tendue même avec sa vitesse de 390 mètres au départ; il est sous ce rapport très-supérieur à tous les canons qui l'ont précédé. Il porte deux couronnes de plomb qui s'engagent dans les 14 rayures de la bouche à feu. Le poids du canon (630 kilog.) est à peu près le même que celui du 12 rayé. Le système de fermeture est à vis, analogue à celui dont étaient déjà pourvus les canons de la marine. L'extraction de la gargousse vide se fait à l'aide de crans creusés dans la partie avant de la vis de culasse. Le culot en cuivre de la cartouche est embouti par l'effort des gaz dans ces crans et la gargousse se trouve ainsi entraînée quand on ouvre la culasse.

Le canon de 5 est construit d'après les mêmes principes; il pèse 460 kilog. et lance un projectile de 4^{k},800 avec une vitesse de 420 mètres; poids par centimètre carré 124 grammes. Ces pièces, quoique lourdes relativement au poids du projectile, fatiguent beaucoup leurs affûts.

Les recherches pour l'amélioration du bronze comme métal à canon continuèrent malgré la défaveur dont ce métal était l'objet, surtout depuis 1870. Trois noms restent plus spécialement attachés à ces recherches : le général Rosset en *Italie*, le colonel Lawroff en *Russie*, et le général Von Uchatius en *Autriche*. Nous ne parlerons que des résultats obtenus par ce dernier, qui seul jusqu'à présent a produit un système complet ayant donné lieu à une fabrication en grand (1)

Bronze-acier Uchatius — Le chevalier Von Uchatius, général d'artillerie et directeur de l'arsenal de Vienne, a réussi à construire en bronze et d'une façon économique des canons qui sont, s'il faut en croire les résultats publiés, aussi résistants et aussi durs que les meilleurs canons d'acier frettés.

Le principe de cette fabrication, dégagé des détails d'exécution, est celui-ci : Un cylindre d'un métal homogène, qui a subi un certain effort, résistera indéfiniment et sans nouvelle déformation à tous les efforts qui seront moindres que celui qu'il a supporté primitivement. Ainsi un canon doit résister à une pression de 1800 atmosphères; faisons-lui supporter par une méthode quelconque une pression de 2400 atmosphères; il se déformera, la limite d'élasticité du bronze étant dépassée; mais une fois le nouvel état d'équilibre établi, il supportera sans nouvelles déformations les pressions pour lesquelles il a été construit, et même celles un peu plus fortes qu'une cause fortuite peut faire naître accidentellement. Si l'effort dépasse notablement les conditions normales, il y aura une déformation nouvelle très-sensible qui avertira du danger qu'il y aurait à continuer le tir dans les mêmes conditions. Le déplacement arbitraire de la limite d'élasticité d'un bloc de métal quelconque se constate aisément avec la machine employée pour les essais à la traction.

Pour réaliser cette conception, le général Uchatius a fondu ses canons à 8 % dans une lingotière en fonte ; dans ces conditions, et à l'aide de tours de main tenus secrets, il a évité les taches d'étain et obtenu un métal homogène. Le bloc ainsi obtenu est dégrossi sur le tour et amené à peu près aux dimensions extérieures qu'il doit conserver. Il est en même temps foré à un diamètre qui diffère du diamètre définitif de la quantité dont on veut agrandir artificiellement le canon. Cet agrandissement se produit au moyen de mandrins en acier trempé, de diamètres progressivement croissants, que l'on chasse au travers de l'âme avec une presse hydraulique. La surface de l'âme ainsi mandrinée devient polie comme un miroir et dure comme l'acier. Les diamètres extérieurs ont légèrement augmenté et l'ensemble de la pièce se trouve dans les mêmes conditions que les canons frettés : les couches intérieures comprimées, les couches extérieures distendues. Si le bronze n'est pas de bonne qualité on voit apparaître des fissures dans l'âme; les canons sont ainsi triés par la fabrication même. Voici les conclusions d'une note du général Uchatius publiée dans le numéro du 22 janvier 1875 du *Stummer's Ingenieur* (2): « En résumé les « canons en acier seront toujours inférieurs aux canons en bronze-acier pour les « raisons suivantes

« 1° Ils coûtent quatre fois plus cher;
« 2° Leur fabrication prend six à sept fois plus de temps;
« 3° Ils sont plus rapidement dégradés par les agents atmosphériques

(1) Des canons, système Lawroff, ont été adoptés en Russie; mais les évènements d'Orient n'ont pas permis de fabriquer ces pièces, qui ne sont pas encore entre les mains des troupes.

(2) Revue hebdomadaire publiée à Vienne; avant le 1er janvier 1875, elle portait le titre *Engineering deutsche Ausgabe*.

« 4° Ils n'offrent pas aux servants la même sécurité que les canons en bronze « acier, dont les couches extérieures ont une ténacité telle qu'elles subissent un « allongement de 50 % avant de se rompre. »

A la suite d'essais faits sur 10 pièces en bronze-acier, cette bouche à feu a été adoptée au mois de juin 1875, et compose le matériel de l'artillerie autrichienne. Le calibre est 87 millimètres. Le canon pèse 485 kilog. et lance un obus de $6^{k},350$ avec une vitesse de 450 mètres environ; poids par centimètre carré 107 grammes. La fermeture est à coin unique, pl. X, fig. 2; les arêtes postérieures sont abattues par un chanfrein prononcé. L'obturateur se compose d'un anneau en cuivre rouge, qui se loge dans une bague également en cuivre. Cette bague est forcée à froid dans son logement, et fait corps avec la pièce. Le coin porte également une plaque d'appui en cuivre pour l'obturateur.

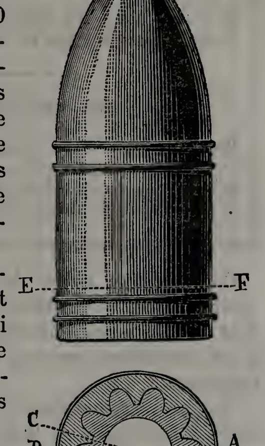


Fig. 21.
Obus Uchatius.

Un projectile nouveau construit par le général UCHATIUS complète ce matériel. Des rondelles dentées sont placées les unes sur les autres et forment la paroi intérieure de l'obus. En les enveloppant d'une chemise en fonte on obtient l'obus UCHATIUS, fig. 21; quatre couronnes en cuivre rouge le guident en se forçant dans les rayures.

Les expériences exécutées en Autriche avant l'adoption du matériel en bronze-acier permettent de comparer les canons KRUPP et UCHATIUS et aussi les effets d'éclatement produits par les projectiles des deux inventeurs.

Au point de vue de la justesse le tableau suivant donne les résultats moyens de 275 coups tirés dans le canon en bronze-acier et de 140 coups tirés dans le canon KRUPP.

BOUCHES A FEU.	ANGLE DE TIR.	PORTÉE moyenne.	ÉCART MOYEN.	
			EN PORTÉE.	EN DIRECTION.
Canon en bronze-acier.	2°48'45"	1524m,25	11m,1	0m,99
Canon en acier Krupp.	2°44'7"	1527, 50	10 ,7	0 ,91

On voit qu'à cette distance les canons sont à peu près identiques; chacun d'eux avait tiré environ 2,000 coups lors des derniers tirs compris dans le tableau ci-dessus

Pour comparer les obus, on a tiré dans des cibles composés de 3 panneaux en planches placés l'un derrière l'autre à 20 mètres de distance; la largeur de chaque panneau était de 36 mètres et sa hauteur $2^{m},70$; une ligne tracée à $1^{m},80$ du sol permettait de juger quel serait l'effet sur de l'infanterie. On a tiré 10 obus de chaque espèce; la pièce était à 2,000 pas (1516 mètres) du premier panneau. Voici les résultats :

	NOMBRE D'ÉCLATS.			TOTAL.
	1er PANNEAU.	2e PANNEAU.	3e PANNEAU.	
OBUS KRUPP A DOUBLE PAROI DE 8c,7.				
Moyenne par coup dans la cible de cavalerie.	34,2	13,1	6,8	54,1
Moyenne par coup dans la cible d'infanterie.	23,7	8	3,2	35
Pour l'ensemble des 10 coups.	342	131	68	541
OBUS UCHATIUS DE 8c,7.				
Moyenne par coup dans la cible de cavalerie.	47,5	43,2	17,9	108,6
Moyenne par coup dans la cible d'infanterie.	24	39,1	12,8	75,8
Pour l'ensemble des 10 coups.	475	432	179	1086

On voit que l'effet des obus Uchatius est presque double de celui des obus à double paroi. Les premiers panneaux après le tir sont représentés pl. VIII, fig. 2 et 3, leur aspect ne laisse pas de doute sur la supériorité de l'obus Uchatius. L'artillerie prussienne a d'ailleurs adopté en 1876 un obus de campagne système Uchatius.

Un canon du calibre de 7c,5 ne pesant que 300 kilog. a été établi d'après les mêmes principes. Il lance un projectile de 4k,5 avec une vitesse de 420 mètres.

En résumé on voit que les canons en bronze fabriqués par le général Uchatius sont tout à fait comparables aux meilleurs canons en acier fretté, en usage aujourd'hui. Ils ont pour eux d'être en bronze, c'est-à-dire moins chers, plus faciles à travailler et donnent une sécurité complète.

Pour que le lecteur puisse se faire une idée des progrès accomplis dans l'artillerie de campagne on a rassemblé dans le tableau ci-dessous quelques-unes des principales données relatives à des canons pris à diverses époques.

	POIDS du canon.	POIDS de l'affût.	POIDS du projectile.	POIDS par cent. c.	$\frac{P}{S}=ac$ valeurs de a.	VITESSE initiale.	RECTANGLE contenant 36 % des coups à 3,000 mètres
Modèles.	kilos.	kilos.	kilos.	gramm.		mètres.	mètres.
1827 Canon lisse de 12.	880	600	6,000	52	4,28	488	»
1858 — rayé français de 8.	580	612	7,360	83	7,86	331	13 — 54,1
1862 — prussien de 6.	432	517	6,300	97	10,70	331	8,9 — 33
1870 — français de 7.	630	700	7,000	124	14,50	390	5,4 — 43,8
1875 — autrichien de 8c,7.	485	540	6,350	107	12,3	450	»
1873 — prussien de 9 c.	450	540	7,000	115	13,10	445	3 — 29

Artillerie de siège et de place.

Nous avons vu les progrès considérables obtenus dans l'artillerie de campagne par l'application rationnelle des principes théoriques et des procédés nouveaux de l'industrie.

L'artillerie de siège et de place a suivi les mêmes phases et fait les mêmes progrès.

Le canon de 24 était, en France, le plus puissant des anciens canons lisses de siège. Le canon de 16 venait ensuite. Ce canon, ayant été transformé dans le système Reffye, il est intéressant de l'étudier et de comparer les effets obtenus.

Canon de 16 lisse. — Le canon de 16 lisse pesait 2000 kilog., et lançait un boulet rond de 8 kilog., à la charge de 2^k,67. La vitesse initiale du projectile était de 507 mètres et le poids par centimètre carré était de 57 grammes. Au-delà de 1,200 mètres le tir n'avait plus de justesse et ne pouvait être employé.

Canons rayés. — Les anciennes pièces lisses de 24 et de 12 furent rayées, suivant la méthode adoptée pour le matériel de campagne en 1858, et devinrent très-supérieures à ce qu'elles étaient avant le rayage.

Ces deux calibres ayant paru suffisants, on n'avait pas modifié le canon de 16, qui se trouvait encore en nombre considérable dans nos arsenaux, après la guerre de 1870-71. M. de Reffye projeta d'utiliser ces canons en les transformant d'après son système déjà appliqué aux canons de campagne (canons de 7 et de 5).

Canon de 138. — La pièce transformée a reçu le nom de canon de 138 millimètres. Elle se charge par la culasse; le système de fermeture est le système à vis à filets interrompus, comme les canons de 7 et de 5. La lumière est percée obliquement dans la vis culasse et débouche sur l'axe. L'obus cylindro-ogival est guidé dans les rayures par des couronnes en plomb. Il pèse 23^k,500, soit 158 grammes par centimètre carré. Une charge de 3^k,540 de poudre comprimée lui communique une vitesse de 382 mètres. Le poids du canon est resté à peu près de même, 1940 kilog.

Le projectile de 138 peut être utilisé jusqu'à de très-grandes distances; à 3,000 mètres, l'écart probable en direction est de 2^m,7 et en portée de 20 mètres.

Cette utilisation du bronze sans préparation préalable est remarquable. On peut juger de la différence des effets produits par le canon avant et après sa transformation, en comparant les vitesses de recul de la bouche à feu. Cette vitesse est de 1^m,87 pour le canon de 16, et de 4^m,96 pour le canon de 138.

Les canons de siège aujourd'hui en service sont très-divers. Nous donnerons quelques exemples pris dans les genres les plus différents, et choisis parmi les spécimens les plus remarquables.

Canon de 15 cent. Prussien. — Cette pièce est en acier fondu; elle est frettée depuis la tranche antérieure du coin jusqu'en avant des tourillons. La fermeture est à coin cylindro-prismatique, système Krupp; la lumière oblique, comme dans les canons de campagne, traverse la partie postérieure de la pièce et le coin. Le poids de la pièce est de 3,000 kilog., le calibre de $149^m/_m1$. L'obus, pesant 31^k,5, est lancé avec une vitesse de 475 mètres, par une charge de 6^k,5 de poudre prismatique à 7 canaux. Dans les essais, la portée de 3,000 mètres a été obtenue avec l'angle de tir de 5°35′ et les 20 points de chute d'un même tir étaient compris dans une bande de 4^m,90 de large sur 41 mètres de longueur. L'écart moyen était en portée 9^m,6, en direction 0^m,88; la vitesse restante à 3,000 mètres est de 289 mètres. Quatre obus en fonte durcie pesant 33 kilog. ont été tirés contre une plaque de fer de $152^m/_m$ appuyée sur massif en bois de $200^m/_m$; tous les quatre ont traversé franchement la cible cuirassée; deux coups avaient été tirés à 200 mètres. Un canon de 12 cent., construit d'après les mêmes principes, lance un projectile de 16^k,5 avec une vitesse de 470 mètres.

Canon de 40 livres Armstrong. — Le canon anglais se charge par la bouche; il se compose d'un tube intérieur en acier recouvert d'une jaquette ou manchon en fer forgé, composé de 2 pièces et posé avec serrage. Une vis en fer forgé vissée dans la culasse du manchon soutient le fond du tube d'acier. Le canon pèse 1,626 kilog., le calibre est de $120^{m}/_{m}$,7. Le projectile, muni de deux rangées de trois ailettes en laiton, pèse 18^{k},420, poids par cent. carré 161 grammes; la vitesse initiale est de 360 mètres.

Canon de 7 pouces Vavasseur. — Ce canon est tout en acier, sauf la frette tourillon qui est en fer forgé. Il se compose d'un tube intérieur recouvert de frettes. L'idée originale appliquée dans ce canon est la suppression des rayures et leur remplacement par trois côtes saillantes qui s'engagent dans des rainures creusées sur le projectile. Diamètre de l'âme $177^{m}/_{m}$,8. Poids du canon 5,131 kilog. Poids du projectile 52 kilog. Poids de la charge ordinaire 6^{k},350; pour le tir contre les cuirasses, la charge est portée à 9^{k},980; cette dernière donne une vitesse de 430 mètres. Il pèse 2,500 kilog. de moins que le canon de 7 pouces réglementaire et tire le même projectile dans les mêmes conditions. Les figures ci-dessous montrent l'obus et la coupe d'une cloison. Le canon sur son affût est représenté pl. IX.

Canon de 15 cent. autrichien. — Les résultats obtenus avec le bronze-acier pour les canons de campagne engagèrent le général d'Uchatius à construire, par la même méthode, un canon de siège de 15 cent. Deux canons ont été essayés avec une poudre lente à grains de 12 à 15 millim. d'épaisseur. Une charge de 8 kilog. donne, à un projectile de 28^{k},9 une vitesse de 445 mètres. Ce canon, qui est encore dans la période des essais, sera certainement un bon canon de siège, son poids doit être environ 3,300 kilog.

Canon cuirassé Krupp. — M. Krupp a fait, le 7 et le 8 novembre dernier, l'essai d'un canon de 15 cent. cuirassé. Ces expériences ont eu lieu dans le polygone de l'usine, devant plus de cinquante officiers d'artillerie et du génie invités par M. Krupp à y assister : Prussiens, Autrichiens, Russes, Anglais, Italiens, Espagnols, Hollandais, Portugais, Suédois, Norwégiens, Danois, Belges, Brésiliens, Japonais et de la République argentine.

Nous emprunterons aux nombreux articles publiés en Allemagne et en Angleterre le résumé des essais et des résultats obtenus. Le canon, pl. XI, fig. 6, est de 15 cent., fretté jusqu'à la bouche; il pèse 3,600 kilog. Une sphère est vissée à la bouche. Cette sphère est logée dans un encastrement de même forme, pratiqué dans la cuirasse. Le canon est ainsi mobile autour de sa bouche.

L'affût est un support en fer muni de galets. Il est penché vers l'arrière, de sorte que le canon, par son poids, force la sphère à s'appuyer dans son logement. Un bouclier mobile, muni d'un contre-poids, recouvre la bouche et la protége; on l'abaisse seulement au moment où l'on veut faire feu. La cuirasse a 50 cent. d'épaisseur, le bouclier 35 cent. Le recul est supprimé et le pointage n'est pas dérangé, ce qui augmente la rapidité du tir. Le canon tira sans éprouver ou faire éprouver au système aucune dégradation. On tira ensuite sur la cuirasse avec un canon de 15 cent. et un canon de 12 cent. Le bouclier, en acier Krupp, fut brisé en deux morceaux par le premier projectile qui l'atteignit. Il fut remplacé par un autre en fer. On tira ensuite sur la volée du canon non protégée : 4 coups atteignirent l'évasement conique de la bouche et 1 la sphère elle-même qui fut déformée. Quelques éclats la coincèrent dans son logement et le canon fut immobilisé. On parvint à l'aide de crics à remettre la pièce en position pour tirer encore quelques coups. Le

bouclier en fer fut relevé et canonné. Un de ses coins se détacha et tomba dans la rainure du soubassement; le bouclier ne put être abaissé qu'en enlevant ce morceau. Enfin deux obus ayant encore touché la sphère, le canon se brisa en arrière de l'articulation et se renversa à l'intérieur.

En résumé le système a bien résisté à son propre tir; il a moins bien supporté les coups tirés contre lui; le bouclier ne paraît pas suffisamment solide et la pièce privée de cette protection fut rapidement mise hors de service.

Il est difficile de porter un jugement sur le cuirassement des canons proposé par M. Krupp, avant de nouvelles et plus concluantes expériences.

Le tableau ci-dessous résume les données principales d'un certain nombre de canons de siège et de place.

BOUCHES A FEU.	CALIBRE	POIDS	PROJECTILE		CHARGE	VITESSE initiale.	OBSERVATIONS.
			POIDS	POIDS par cent. c.			
	mill.	kilog.	kilog.	gr.	kilog.		
24 lisse, français . . .	152,7	2,740	12,00	66	4,000	477	
24 rayé, français. . . .	152,7	2,730	24,00	132	3,000	338	
138 mill., français . . .	138	1,940	23,50	158	3,540	382	
12 cent., prussien . . .	120,3	867	14,50	128	1,050	284	
15 cent., prussien . . .	149,1	3,000	31,50	189	6,500	475	
21 cent., prussien.. . .	209,2	9,075	98,50	287	17,000	422	
15 cent., autrichien . .	150	3,300	28,90	178	8,000	445	Données approximatives.
24 cent., autrichien . .	149,1	1,940	23,50	158	2,170	382	
40 livres, Armstrong. .	120,7	1,626	18,42	161	2,270	360	
7 pouces, Vavasseur.	177,8	5,131	52,00	219	9,980	430	
8 pouces Woolwich. .	203,2	9,056	81,72	252	9,080	355	
8 pouces, russe. . . .	203,2	9,009	81,90	253	12,910	421	
9 pouces, autrichien..	235,4	15,500	144,00	331	24,000	420	
24 cent., suédois. . . .	235,5	14,770	144,00	331	»	415	

Artillerie de côte et de marine.

L'artillerie employée pour la défense des côtes ou placée sur les navires a toujours été des calibres les plus forts.

Les canons ne dépassant pas le poids de 35000 kil. sont considérés aujourd'hui comme ordinaires et présentent par suite peu d'intérêt. Nous donnerons sur un certain nombre de ces canons quelques indications réunies dans le tableau suivant :

BOUCHES A FEU.	CALIBRES	POIDS.	POIDS du projectile.	CHARGE.	VITESSE initiale.	OBSERVATIONS.
	mill.	kil.	kil.	kil.	mètres.	
27 cent., français.	264,4	20,500	144	24	362	
32 cent., français.	320	35,000	345	62	400	
12 pouces, Woolwich . .	304,8	23,840	272	38,5	396	
10 pouces, Armstrong . .	254	18,288	181	31,7	416	
11 pouces, Armstrong . .	279,4	26,000	199,4	40	422	
30 cent., Krupp.	305	36,600	296	60	460	

Les canons monstres. — Les canons qui nous restent à étudier sont tous créés dans le but de percer les cuirasses dont sont revêtus les navires de guerre, et certains ouvrages de fortification maritime.

Le duel est engagé entre la cuirasse et le canon. Tout porte à croire que le canon sortira vainqueur de cette lutte, peut-être même avant que les circonstances aient mis sérieusement les adversaires face à face.

Quoiqu'il en soit, chaque jour amène une augmentation dans les calibres et la puissances des canons de marine. Il y a dix ans le canon exposé par M. Krupp, fut un objet d'étonnement; il ne pesait pourtant que 50000 kilog. Aujourd'hui il existe des canons de 80 et 100 tonnes; L'usine Krupp entreprend un canon de 150 tonnes; enfin l'arsenal de Woolwich se déclare prêt à fabriquer un canon de 200 tonnes.

Quel est le rôle réservé à ces engins monstrueux dans les guerres futures? il est difficile de le prévoir. Cependant, il est permis de douter qu'il soit en raison du prix consacré à leur fabrication. Leur effet le plus probable sera de décourager les partisans des grands cuirassés et d'amener les constructeurs de navires à chercher ailleurs des moyens de défense. Les navires de guerre ont d'ailleurs des ennemis encore plus redoutables, les torpilles, contre lesquelles le canon est impuissant.

Il n'entre pas dans notre cadre de pousser plus loin ces considérations. Nous devons nous borner à constater l'existence et à décrire les types les plus intéressants de ce genre d'artillerie.

Parmi les canons qui sortent des calibres employés ordinairement nous citerons le canon de 38 tonnes anglais, le canon de 40 tonnes Armstrong, le canon Krupp de $35^{cm}5$, le canon russe de 40 tonnes, le canon de 81 tonnes anglais le projet de canon de 90 tonnes Italien; enfin le canon de 100 tonnes construit pour l'Italie par M. Armstrong.

Canon de 38 tonnes de Woolwich. — Le canon de 38 tonnes anglais, construit à *Woolwich,* est destiné à la défense des côtes. Il a été l'objet d'expériences nombreuses qui ont prouvé sa grande puissance, il perce, à 65 mètres de distance, une cuirasse en fer de 50 centimètres. Sa construction est analogue à celle du canon de 81 tonnes décrit plus loin. Le calibre est de 317 $^{m}/_{m}$ 5, la chambre, c'est-à-dire l'emplacement de la charge a été agrandi, son diamètre est de 356 $^{m}/_{m}$; Le poids du canon est de 38000 kil. Il tire un projectile de 363 kil. avec une charge de $90^{k},8$; la vitesse obtenue est de 470 mètres. Il se charge par la bouche

Canon de 40 Armstrong. — Deux canons de 40 tonnes construits par M. Armstrong ont été essayés l'année dernière, au polygone de l'usine d'Elswick.

Le chargement par la bouche a été abandonné pour ces deux canons qui ont reçu une fermeture à vis comme les canons de l'artillerie française; l'obturation est assurée par une coupelle en acier. Le projectile est muni d'une ceinture en cuivre; calibre : $304^{m}/_{m}8$.

Poids de la bouche à feu 39600 kil. Poids du projectile 317 kil; ce canon a tiré à deux charges différentes.

La charge de $77^{k},120$ a donné une vitesse de.	489 mètres
Et celle de $81^{k},640$	503 —

Ce canon est plus puissant que le canon de 38 tonnes quoique d'un calibre légèrement inférieur.

Canon Krupp de 35^{c},5. — Ce canon, exécuté en 1875 à *Essen*, pèse 57,500 kil. son calibre est de 355 millim.

Dans les essais un projectile de 520 kil. chassé par une charge de 135 kil. atteignit 497 mètres de vitesse. La pression intérieure supportée par le canon était à peu près de 4,000 atmosphères.

Canon Russe de 40 tonnes. — La *Russie* avait envoyé ce canon à l'exposition de Vienne. Il a été construit en *Russie* dans l'usine de MM. Povteclow et Oboukhow.

Le chargement par la culasse et la fermeture Krupp à coin cylindro-prismatique ont été appliqués à cette bouche à feu.

Son calibre est de.	304$^{m}/_{m}$,8
Son poids de.	40,460 kil.

Il lance avec une vitesse de 425 mètres un projectile de 295 kil.

Prix : 300,000 francs.

Canon de 81 tonnes de Woolwich. — Le canon de 81 tonnes est représenté en coupe, fig. 22, et en perspective, fig. 23. D'après cette dernière figure on peut

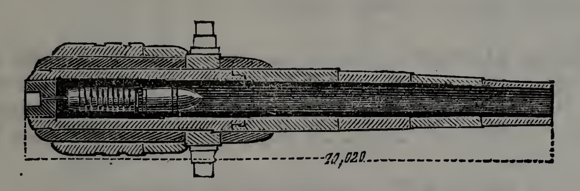


Fig. 22. — Canon anglais de 81 tonnes.

facilement se faire une idée des dimensions de ce canon en le comparant à la taille de l'homme qui est à côté.

Il est construit suivant la méthode Fraser ; le tube intérieur est en acier, les manchons sont en fer ; la vis qui ferme le manchon de culasse est en acier.

Pour les premiers essais le calibre était de 368$^{m}/_{m}$,3 ; les onze rayures sont à pas progressif ; pas final 35 calibres.

Pour les expériences le canon était sur un affût représenté fig. 24 ; et le tout était porté par deux trucs à 6 roues, qui servent aussi à transporter le canon sur les voies ferrées.

Chaque truc est garni d'un pivot en fer qui entre dans un logement correspondant garni de caouchouc ménagé dans l'affût. Des ressorts sont interposés entre les roues et les trucs ; ces ressorts sont formés de plaques alternatives d'acier et de caoutchouc. L'ensemble du système était placé pour les expériences sur deux rails, d'une longueur de 32 mètres, inclinés pour diminuer le recul.

Le premier essai eut lieu le 17 septembre 1875 à *Woolwich* ; il consista en 6 coups à charge croissante ; le projectile pesait 571 kil.

Le 1er coup fut tiré avec une charge de 77^{k},1 qui donna une vitesse de 424,6
Le 6e — — 108^{k},9 — — 472,4
le recul varia de 9 mètres à 12 mètres:

On essaya ensuite différentes poudres, et un projectile de 662 kil Ce dernier lancé par 99^{k},8 de poudre, en grains cubiques de 38$^{m}/_{m}$,1, atteignit 439 mètres de vitesse.

Le canon fut alésé, et son diamètre porté à 381 millim. Cet alésage enleva environ 750 kil. de métal. Les essais qui suivirent furent satisfaisants.

Le calibre restant le même, la chambre à poudre fut portée à 406 $^m/_m$,4. Dans ces conditions, un projectile de 664^k,5 prend une vitesse de 451 mètres, sous l'action d'une charge de 117^k,9.

Le canon fut alésé au calibre définitif, de 406$^m/_m$,4 et transporté à *Shoeburyness*. Une grue spéciale fut construite à cet effet.

Les essais furent repris en juin 1876. Le projectile pesait 771 kil., et la vitesse initiale était de 455 mètres avec une charge de 154^k,2 de poudre cubique de 38 millim.

Le canon avait alors tiré 87 coups, et ne présentait aucune dégradation.

Les tirs furent continués. Au bout de 166 coups, on remarqua une fente très-fine, dans le tube intérieur, à une petite distance de la chambre à poudre. La pièce avait brulé 23000 kil. de poudre, et lancé 130,000 kil. de fonte.

La pièce de 81 tonnes fut encore tirée contre des cuirasses, et la fente ne parut pas s'agrandir. Dans ce tir, le poids du boulet était de 771 kil., la charge était de 168 kil., la vitesse de 460 mètres. La chambre a été de nouveau agrandie et portée à 457 millim. Le canon peut tirer un projectile de 771 kil. avec 192^{k}7 de poudre et lui imprimer une vitesse de 487 mètres.

Le vaisseau l'*Inflexible* sera armé de 4 canons de 81 tonnes.

Voici les prix de quelques canons anglais :

Canon de 81 tonnes	....	210,000 fr.
— 38 —	....	95,000 fr.
— 25 —	....	59,000 fr.
— 18 —	....	36,000 fr.

Il ressort de ces chiffres que les canons anglais coûtent :

2,000 fr. la tonne pour les canons de	....	18 tonnes.
2,350 fr. — —	....	25 —
2,450 fr. — —	....	38 —
3,400 fr. — —	....	81 —

Ces chiffres sont tirés des documents présentés au parlement.

Canon Italien de 90 tonnes. — Ce canon est en cours d'exécution à *Turin*; il a été fondu au mois de janvier dernier. Le corps de canon est en fonte, renforcé à la culasse de trois rangs de frettes superposées.

Son calibre sera de 460 millim. Un tube en bronze de 3 centim. d'épaisseur sera introduit à l'intérieur et ramènera le calibre à 400 millim. On pourra alors essayer les deux combinaisons :

1° Canon de 40 centim. lançant un projectile de 700 à 800 kil. avec une vitesse de 430 mètres environ;

2° Canon de 46 centim. lançant un projectile de 1000 à 1100 kil. avec une vitesse de 400 mètres environ.

Le poids du canon devait être environ de 90 tonnes. Quelques modifications apportées au projet primitif lui donneront un poids de 100 tonnes; il se chargera par la culasse. Le système de fermeture adopté est le système français : la vis à filets interrompus, portée par une console dont l'axe de rotation est à droite. Une autre console, ayant son axe à gauche, reçoit le projectile et l'amène juste dans le prolongement de l'âme. Une vue de l'arrière, pl. X, fig. 3, montre cette disposition. On y remarque une crémaillère courbe fixée au corps du canon.

Un pignon fixé à la vis culasse permet d'opérer facilement, à l'aide d'une manivelle, les mouvements d'ouverture et de fermeture.

Canon Armstrong de 100 tonnes. — Le 9 juin 1876, sir William Armstrong

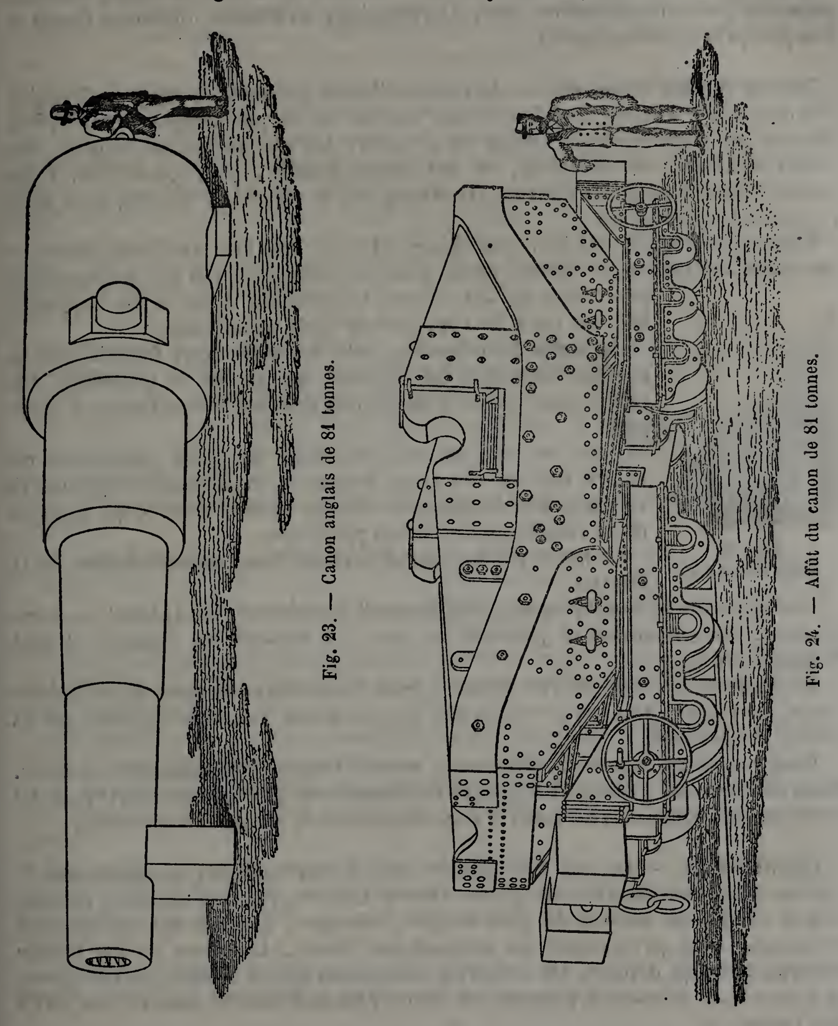


Fig. 23. — Canon anglais de 81 tonnes.

Fig. 24. — Affût du canon de 81 tonnes.

a terminé le premier des 8 canons de 100 tonnes qui lui ont été commandés par le gouvernement italien. Le prix de chaque canon est fixé à 600,000 francs. Ces bouches à feu sont destinées à armer les deux nouveaux cuirassés de la marine italienne : le *Duilio* et le *Dandolo*. Chacun de ces navires portera quatre canons, placés dans 2 tourelles, cuirassées avec des plaques de 432 millim.

Le poids réel de la bouche à feu est de 103,129 kil.; la longueur totale est de 10^m,02, et la longueur de l'âme de 9^m,296. Le calibre est de $431^m/_m$,8. Les rayures, au nombre de 27, sont à pas progressif (pas final 45 calibres) ; leur profondeur est $3^m/_m$,2.

Le projectile de rupture pèse 907 kil., et celui d'épreuve 1,134 kil. La charge de tir est de 163 kil. Sa vitesse calculée devait être de 427 mètres.

Toute la manœuvre se fait par des appareils hydrauliques.

Ce canon est arrivé à la *Spezzia*, où devaient avoir lieu les essais, dans les premiers jours de septembre 1876. Les pressions et vitesses obtenues furent à très-peu près celles calculées.

Essais sur les cuirasses. — Les cibles étaient formées de plaques fournies par différentes usines, et qu'on devait essayer en même temps. C'étaient des plaques en acier doux de l'usine du *Creuzot*; des plaques en fer laminé, des usines Cammell, de *Sheffield*, et des usines Marrel, de *Rive-de-Gier*. Elles furent essayées avec des canons Armstrong de 10 et de 11 pouces, puis avec le canon de 100 tonnes.

Le projectile pesait 908 kil. et la charge 145 puis 150 kil.; avec cette dernière on obtint 460 mètres de vitesse; enfin, avec une charge de 170 kil., on parvint à une vitesse de 472 mètres. La pression accusée par l'appareil fixé au fond de l'âme fut de 3,300 atmosphères.

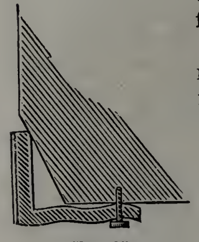
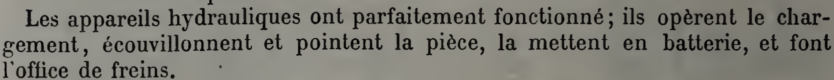


Fig. 25.
Culot obturateur.

De toutes les cuirasses, celle en acier doux fournie par la maison Schneider fut la seule qui arrêta le projectile. Un navire ainsi blindé n'eût eu que des voies d'eau faciles à aveugler.

Dans ces tirs on avait employé un culot obturateur en cuivre, fixé par des vis au projectile; ce dispositif supprime le vent et centre le projectile. La fig. 25 montre la coupe du culot et de l'angle postérieur du projectile.

Ce mode de forcement a réussi dans les expériences de la Spezzia.



Les appareils hydrauliques ont parfaitement fonctionné; ils opèrent le chargement, écouvillonnent et pointent la pièce, la mettent en batterie, et font l'office de freins.

En résumé, le canon de 100 tonnes a tenu toutes les promesses de ses inventeurs. La construction de ce canon fait le plus grand honneur à l'usine qui l'a étudié et construit.

Deux nouveaux canons de 100 tonnes ont été terminés en novembre dernier. Leur calibre a été porté à 450 $^{m}/_{m}$,8 et le diamètre de la chambre à 501 $^{m}/_{m}$,6. Le poids du projectile sera de 1,034 kilog. et celui de la charge de 213 kilog.

Conclusions. — On ne voit aucune raison pour que les constructeurs de canons s'arrêtent dans la voie qui est tracée. Les progrès de l'industrie mettant à leur service des moyens de plus en plus puissants, le poids des canons peut augmenter sans qu'on puisse lui assigner une limite. Le canon de 100 tonnes lui-même va être dépassé. On construit des canons de 124 tonnes, de 150 tonnes et l'arsenal de *Woolwich* prépare un canon plus monstrueux encore : de 160 à 200 tonnes.

La fig. 1 de la pl. VIII représente un canon de 150 tonnes, système Krupp.

Obusiers et mortiers. — Contre un but horizontal ou caché à la vue par une masse de terre considérable, les canons ne peuvent produire des effets suffisants; il faut employer les feux courbes, c'est-à-dire lancer le projectile sous un angle assez grand pour qu'il retombe sur le but presque verticalement. Pour défoncer des casemates voûtées, des abris dont le ciel est blindé, ou le pont d'un navire, on ne peut employer une autre méthode. Ce genre de tir a des exigences particulières. Un projectile très-lourd et animé d'une

vitesse moyenne qui rencontre un obstacle résistant, produit un ébranlement qui disloque cet obstacle. Cette manière d'envisager la question a donné naissance à l'artillerie Rodman créée pendant la guerre de sécession. Elle conduit à des calibres énormes.

La théorie de l'ébranlement est aujourd'hui abandonnée, et avec raison; car, lorsque la maçonnerie ou le blindage sont recouverts d'une couche un peu épaisse de terre, les effets du choc sont très-restreints.

Il faut un projectile qui perce la couche de terre et ne s'arrête que dans l'obstacle résistant; s'il contient une charge de poudre un peu grande et qu'il éclate après avoir pénétré suffisamment, on obtient un véritable coup de mine et des effets de destruction considérables. Les obus oblongs remplissent très-bien ces conditions. Aussi est-on arrivé à construire ce qu'on appelle des mortiers rayés qui seraient mieux nommés obusiers courts.

Comme exemple de ce genre de bouches à feu, nous décrirons le mortier rayé prussien de 21 cent., qui a été employé pendant la guerre de 1870-71 aux sièges de *Strasbourg* et de *Paris*.

Mortier de 21 cent. prussien. — Ce mortier est en bronze, il se charge par la culasse; la fermeture est à double coin. Son calibre est de 209 mill. et sa longueur d'âme $1^m,62$. Poids total 3,500 kilog.

Le projectile est recouvert d'une mince enveloppe de plomb; il pèse 80 kilog. et renferme $7^k,500$ de poudre. La vitesse initiale de 215 mètres est obtenue avec une charge de $3_k,500$.

Cette bouche à feu n'a pas donné pendant la guerre les résultats qu'on en attendait.

La portée maxima n'atteint pas 4,000 mètres.

Sous l'angle de 30° la portée est de 3,530 mètres.
— 45° — 3,990 —
— 60° — 3,239 —

L'écart moyen pour la portée extrême est de 15 mètres en longueur et 9 mètres en direction. Le rectangle contenant tous les coups a 45 mètres de large et 75 mètres de long.

La justesse en portée est remarquable, mais non celle en direction. La pénétration des projectiles est insuffisante.

Ce mortier donne une idée des formes et dispositions spéciales à ces bouches à feu. La fig. 4 de la pl. X le montre sur son affût; la fig. 5 représente son projectile.

Toutes les puissances qui ont adopté les mortiers rayés sont armées de pièces qui ne diffèrent que peu du mortier prussien, au moins dans leurs parties essentielles. Les fig. 6 et 7 de la pl. X montrent le mortier russe et son projectile.

Quelques États se sont contentés d'obusiers, pièces plus longues pouvant servir à la fois au tir direct et au tir sous de grands angles.

Mitrailleuses. — L'idée d'accoler plusieurs canons de fusil a été réalisée dès l'apparition des armes à feu. Les habitants de Bâle possédaient, en 1445, une grêleuse à 9 canons. L'imperfection du mécanisme fit abandonner les machines de ce genre. Elles restèrent dans l'oubli jusqu'à la guerre de sécession, pendant laquelle les Américains tournèrent vers les engins de guerre leur esprit hardi et novateur.

La mitrailleuse Gattling est connue de toutes les personnes qui s'occupent d'armement. Sa description a d'ailleurs été donnée avec des détails et des dessins explicatifs dans la *Revue de l'Exposition* de 1867.

Pendant la guerre de 1870-71 les canons à balles n'ont pas répondu aux espérances qu'ils avaient fait naître, malgré quelques cas où, bien employés, ils ont produit de grands effets. Aussi depuis cette époque, mitrailleuses et canons à balles sont-ils tombés dans un discrédit profond, discrédit probablement aussi

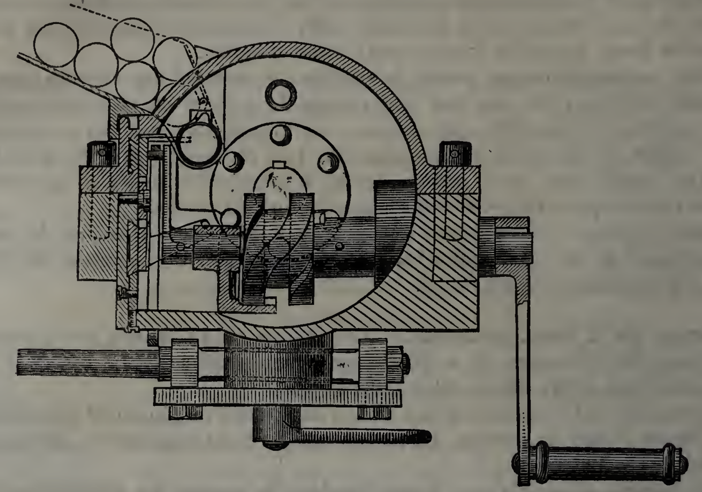


Fig. 26. — Canon Hotchkiss, vue par l'arrière.

exagéré que la faveur dont l'opinion publique les avait entourés au moment de leur apparition.

Néanmoins la construction et l'étude de ces machines de guerre n'a pas été complétement abandonnée. Sir W. Armstrong avait exposé à *Vienne* des mitrailleuses Gattling auxquelles il avait fait subir deux modifications importantes; l'une relative à la mise en place des cartouches et l'autre à la dispersion automatique des balles.

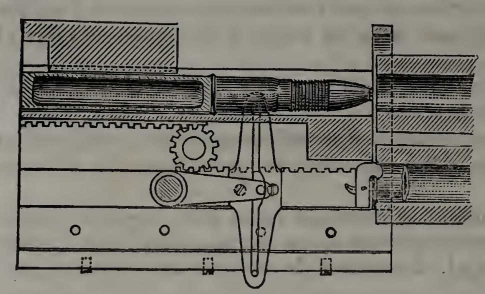


Fig. 27. — Extracteur et mécanisme de chargement.

Parmi les armes réellement nouvelles, qui ont fait leur apparition dans ces dernières années, nous citerons le canon revolver Hotchkiss.

Canon Hotchkiss. — Le canon revolver de M. Hotchkiss est un intermédiaire entre le canon de campagne et la mitrailleuse. Comme les canons, il lance des projectiles creux en fonte qui sont armés d'une fusée percutante et éclatent au point de chute. L'absence de recul, le chargement automatique et le tir continu le rapprochent des mitrailleuses.

L'aspect extérieur est celui d'une mitrailleuse Gattling de gros calibre. Six canons en acier fondu tournent autour d'un arbre monté sur un châssis rectangulaire. L'extrémité postérieure de l'arbre porte un engrenage à lanterne, formé de six fuseaux, qui engrène par le fuseau inférieur avec une vis sans fin; tel est le mécanisme produisant la rotation des canons. Le mouvement est donné à la vis par une manivelle extérieure, fig. 26.

Une disposition originale est celle de la vis sans fin : le filet au lieu d'avoir une inclinaison constante est, dans une partie, inclinée sur l'axe, et dans l'autre partie, perpendiculaire à cet axe. Le mouvement de la manivelle étant continu, celui des canons est intermittent et les moments de repos sont employés à charger le canon et à retirer la douille vide. Une manivelle fixée sur l'arbre de la vis sans fin et à gauche de cette vis porte un tenon qui conduit une coulisse fixée à l'extracteur, fig. 27.

Cet extracteur se compose d'une tige dentée formant crémaillère, qui porte

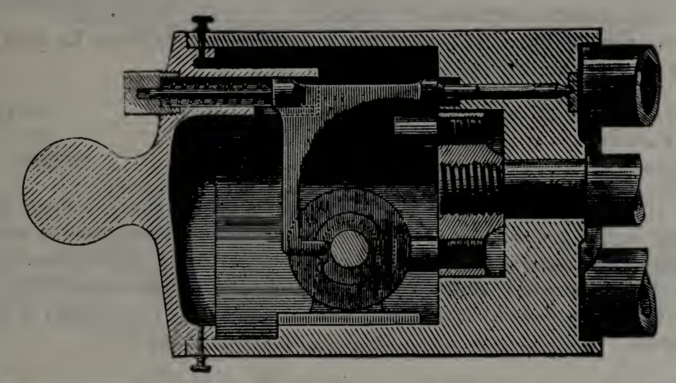


Fig. 28. — Coupe longitudinale montrant le mécanisme de percussion.

un crochet à son extrémité antérieure. Les dents engrènent avec un pignon qui conduit une crémaillère analogue placée à l'inverse de celle de l'extracteur et qui porte un petit piston chargé de pousser la cartouche à fond dans son logement. Ces deux mouvements en sens inverse sont simultanés. La coulisse a une petite portion circulaire qui produit un temps d'arrêt et permet à l'extracteur de saisir l'étui vide. Le mécanisme de percussion est représenté dans la fig. 28.

On voit qu'il faut un tour de manivelle pour armer et faire partir chaque coup; les canons ont alors tourné seulement d'un sixième de tour.

Le mécanisme est simple et robuste; pour nous rendre compte de son fonctionnement, numérotons les canons.

La position des canons, dans la fig. 29, correspond à celles que les fig. 26 et 27 donnent pour la vis sans fin, la coulisse et les crémaillères.

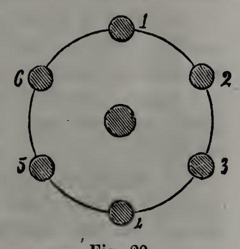


Fig. 29.
Positions des canons.

Le canon 1 est prêt à faire feu; les canons 2, 3, 4 contiennent des étuis vides; l'extracteur a saisi l'étui vide du canon 5, et le canon 6 est vide, mais une cartouche est tombée en face de lui.

En tournant la manivelle, les canons restent d'abord immobiles, le fuseau étant dans la partie non inclinée de la vis. La glissière est entraînée par sa manivelle, extrait l'étui du canon 5 et pousse en place une cartouche dans le canon 6. Le mouvement continuant le coup 1 part; le fuseau, entraîné par le filet de la vis sans fin qui devient incliné, fait tourner les canons d'un sixième de tour. Les canons s'arrêtent de nouveau; les crémaillères reprennent la position primitive, et une cartouche nouvelle est introduite. Le mouvement peut alors recommencer, le canon 6 est prêt à faire feu, le canon 5 se charge, le canon 4 est débarrassé de son étui par l'extracteur, enfin les canons 3, 2 et 1 contiennent des étuis vides. L'alimentation peut se faire à la main ou avec une trémie.

La cartouche est en fer blanc soudé et porte un culot en fer rivé à sa partie postérieure.

Poids total de la cartouche		750	grammes.
— de poudre		80	—
— de l'obus vide	445		
— de la charge intérieure de l'obus	40	570	—
— de la fusée	85		

L'obus est muni de couronnes en laiton.

L'ensemble est monté sur une sellette à pivot et à tourillons. Le poids de la bouche à feu avec sa sellette est de 440 kil.

Longueur du canon	970	millim.
Calibre	40	—
Rayures, nombre : 9; pas	1^{m},500	—

L'affût porte une large plaque de crosse et deux sabots que l'on place sous les roues pour le tir; grâce à ces précautions, le recul ne dérange pas le pointage.

L'obus quoique léger a une efficacité réelle et sa charge d'éclatement produit une fumée qui indique le point de chute, ce qui permet de rectifier le tir.

Ce nouvel engin possède de sérieuses qualités, et mérite l'attention; la justesse paraît bonne.

Affûts. — On nomme affût l'ensemble de l'appareil qui supporte le canon pendant le tir et permet de le pointer, c'est-à-dire de le placer dans la direction du but et de lui donner l'inclinaison voulue.

Pour les canons qui ne sont pas d'un poids trop considérable, et dont le recul n'est pas trop violent, ces affûts sont munis de roues et servent en même temps à transporter les canons.

Tels sont les affûts de campagne et de siège. Ils étaient autrefois en bois. Là, comme dans presque toutes les constructions, le fer s'est substitué au bois; on obtient ainsi une plus grande résistance et une plus grande durée.

Les fig. 2, 3 et 4 de la planche IX, représentent l'affût de campagne prussien modèle 1864, un des premiers affûts en fer. Entre les roues et le canon, se trouvent des sièges pour les servants. La fig. 1 de la plance X, donne l'affût de campagne autrichien créé pour le canon de 8^{c},7. Enfin, l'affût du canon de 8^{c} prussien modèle 1873, est représenté pl. XI, fig. 1 avec son canon et ses accessoires.

Tous les affûts du même genre se composent de 2 flasques en tôle de fer ou d'acier, portant des encastrements destinés aux tourillons de la pièce et à l'essieu. Ils sont souvent renforcés par des cornières rivées. Leur écartement est maintenu par des entretoises en fonte ou en tôle.

Le recul avec les nouvelles pièces de campagne est généralement considérable. On a essayé de le diminuer à l'aide de freins. Malgré le grand nombre des systèmes proposés, aucun d'eux jusqu'ici ne paraît avoir complètement atteint le but.

La fig. 30 représente un affût destiné à une pièce de campagne placée dans une position fixe. Cet affût imaginé par M. Albini, supprime complétement le recul. L'ensemble repose sur une semelle ronde, espèce de plaque tournante, mobile à la main, qui permet de tirer dans toutes les directions. L'affût proprement dit, se compose de deux supports de tourillons ou flasques, articulés à leur partie inférieure avec des oreilles fixées sur le bord de la semelle. Entre ces deux flasques, se trouve la vis de pointage qui supporte la culasse du canon. Du

côté de la bouche, est le frein hydraulique : le corps de pompe est articulé avec la semelle et le piston avec les flasques, un peu au-dessous des tourillons. Ce piston est percé de trous pour livrer passage au liquide dont le corps de pompe est rempli. Lorsque le coup part, le canon recule et entraîne les flasques qui tournent autour de leur point de jonction avec la semelle. Le piston, forcé de

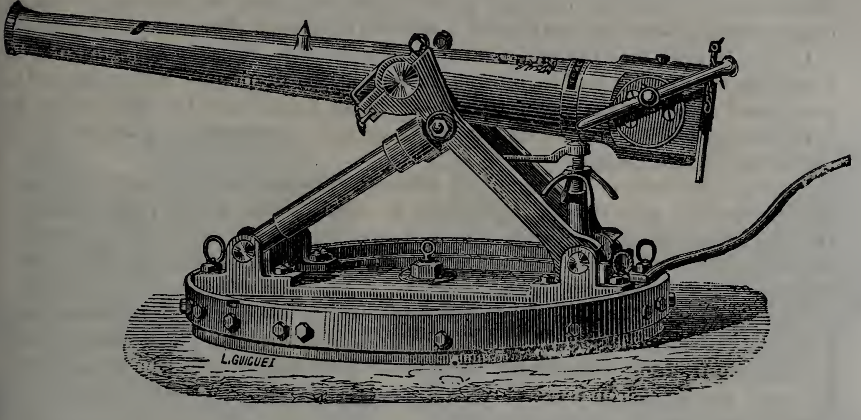


Fig. 30. — Affût Albini à frein hydraulique.

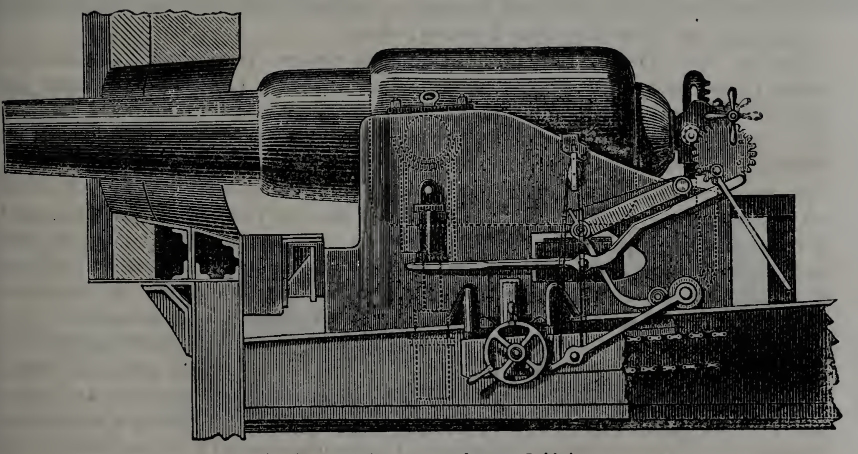


Fig. 31. — Affût pour embrasure réduite.

suivre le mouvement des flasques auquel il est lié, comprime le liquide placé au-dessus de lui. Ce liquide s'échappe par les trous du piston avec une grande vitesse et le frottement ainsi engendré détruit le recul. Le poids du canon ramène doucement les organes à leur position primitive.

Pour les pièces de siège les affûts sont généralement construits comme ceux des pièces de campagne. L'immobilité des pièces donne la possibilité de prendre un point d'appui sur le sol et de se servir de freins pour diminuer le recul. Un grand nombre de systèmes ont été proposés dans ce but, et remplissent leur objet d'une façon satisfaisante. La question des affûts et des moyens de limiter le recul devient plus compliquée quand on arrive aux canons de marine à grande

puissance. L'étroit espace dont on dispose dans une tourelle de marine et la nécessité de réduire les embrasures au minimum font une loi impérieuse d'employer les moyens les plus perfectionnés pour doter les bouches à feu d'affûts appropriés à leur service spécial. Si l'on joint à ces considérations, l'impossibilité de remuer à bras d'hommes, non-seulement les bouches à feu et leur affût, mais les projectiles et mêmes les charges, on se fera facilement une idée de la complication du mécanisme employé pour l'usage des pièces de gros calibre. Cette complication atteint son maximum quand les canons se chargent par la bouche.

La fig. 31 offre un exemple d'affût pour embrasure réduite. Les supports de tourillons sont portés par les pistons de deux corps de pompe hydraulique. On peut ainsi faire varier leur position, de façon à diminuer les dimensions de l'embrasure, tout en conservant un assez grand écart entre les angles de tir maximum et minimum.

Pour limiter le recul on a employé différents moyens. Certains affûts portent un contre-poids qui est soulevé pendant le recul, tandis que la pièce s'abaisse. On peut alors charger et même, à l'aide de dispositions spéciales, pointer; le contre-poids remet la pièce à la position de tir. Tels sont les affûts Moncrieff, dits à éclipse, qui sont très-conus.

Pour certaines pièces de place et de côte, l'affût porte un écrou entourant une vis à filets très-inclinés, qui est reliée à des points fixes et ne peut que tourner. Un cône de friction est porté par cette vis et le frottement absorbe la force vive du recul quand l'écrou force la vis à tourner. La fig. 8 de la pl. X montre un affût de ce genre.

Un dispositif souvent employé est celui de lames fixées alternativement à l'affût et au châssis reposant sur le sol. Ces lames, serrées à volonté l'une contre l'autre engendrent un frottement qui diminue le recul.

Les fig. 32 et 33 montrent un affût de cette espèce. Des cames t pressent les lames l'une contre l'autre; ces cames sont poussées à l'aide de vis a que des leviers b et d mettent en mouvement. On peut avec ces leviers donner à la main un serrage initial connu; pour ne pas trop fatiguer les organes de l'affût, ni les tourillons du canon, on ne donne avant le départ qu'un serrage faible, et on le fait croître pendant le recul à l'aide du mécanisme représenté fig. 32. Le levier B est prolongé au-dessous de son axe par une came qui vient rencontrer, pendant le recul, un butoir porté par le châssis fixe. Le recul continuant, le levier tourne et le serrage augmente progressivement, ce qui arrête promptement l'affût et le canon. En faisant varier la position et la hauteur du butoir, on dispose à volonté de la résistance à opposer au recul et du moment où elle agira.

Un grand nombre d'affûts sont à frein hydraulique. Le plus souvent le corps de pompe est fixe, et le piston est relié à l'affût. Ce piston est percé de trous. Pendant le recul le liquide forcé de passer par ces trous engendre un frottement considérable. Un conduit latéral permet de ramener le piston à sa position primitive sans rencontrer de résistance. Le liquide employé est ordinairement la glycérine.

Dans ces affûts, les mouvements en avant et en arrière du canon sont obtenus quelquefois à l'aide de l'appareil servant de frein. La résistance au recul provient, dans ce cas, de l'expulsion de l'eau du cylindre par une soupape et non de son passage au travers de trous ménagés dans le piston. Il faut alors un moteur.

L'affût *Albini* décrit plus haut, nous a déjà fourni un exemple de frein hydraulique. La figure 9 de la planche X nous montre un affût *Monterieff* à frein hydraulique, disposé pour une pièce tirant sans embrasure par-dessus un parapet élevé. Les affûts de ce genre sont très-employés, surtout en Angleterre. Souvent même la manœuvre complète du canon se fait par des

appareils hydrauliques, malgré la difficulté qu'amène le chargement par la bouche.

La fig. 34 montre un refouloir à hampe tubulaire fixé à la voûte d'une casemate cuirassée. Cet appareil permet d'écouvillonner, de laver l'âme et de charger le tout mécaniquement et sans autre fatigue pour les hommes que la manœuvre des robinets. Dans la fig. 41 l'appareil est représenté au moment où il va pousser la charge au fond de l'âme.

La fig. 4 de la planche VIII donne un autre système de refouloir hydraulique,

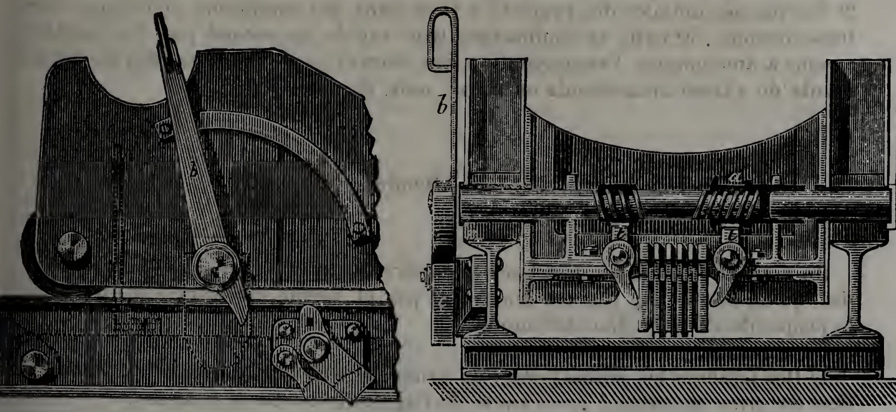


Fig. 32. — Frein à lames, serrage progressif.

Fig. 33. — Frein à lames, coupe.

dit à chapelet. On l'emploie lorsque l'on veut réduire au minimum l'espace consacré aux appareils de manœuvre.

Ce refouloir se compose d'une chaîne à maillons plats, portant à chaque arti-

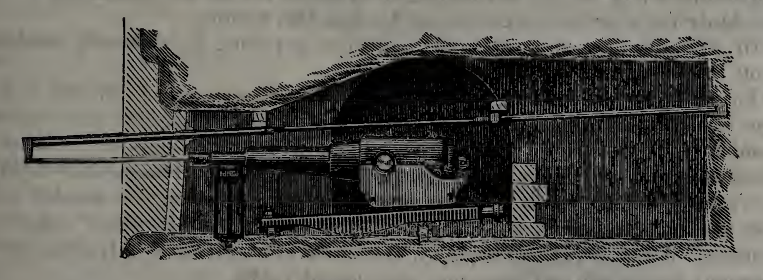


Fig. 34. — Refouloir à hampe tubulaire pour casemate cuirassée (Angleterre).

culation un galet en bois du diamètre de l'âme. Ce système, rigide tant qu'il est dans sa gaîne ou dans le canon, peut se replier pour passer de l'un dans l'autre.

Les nombreux essais faits sur les affûts hydrauliques ont prouvé que leur emploi était sûr et facile. Aussi a-t-on muni d'affûts de ce genre les gros canons de 81 tonnes et de 100 tonnes.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ces affûts dans notre deuxième partie (Revue des objets exposés), et nous donnerons alors la description détaillée de l'un des mécanismes les plus remarquables dans ce genre.

Poudres à canon. — L'ancienne poudre à canon a longtemps suffi aux besoins de l'artillerie. Elle possède en effet de précieuses qualités : son mode de fabrication est rapide et peu coûteux ; sa conservation est indéfinie ; enfin sa facile inflammation et sa rapide combustion permettent de l'employer dans toutes les bouches à feu longues ou courtes. Mais elle présente, au point de vue des nouveaux canons, des inconvénients qui la rendent inacceptable : 1° elle fatigue les bouches à feu : ses grains, petits et facilement combustibles, produisent rapidement une grande quantité de gaz, dont la tension est encore augmentée par le grand poids du projectile et le frottement dans les rayures ; 2° les vitesses initiales des projectiles tirés dans des conditions identiques sont très-variables ; 3° enfin sa combustion trop rapide ne permet pas d'utiliser les canons à âme longue, l'augmentation des charges ne donnant que des accroissements de vitesse insignifiants ou même nuls. Exemple :

	charge,	vitesses,
Canon de 4 en acier, essais faits à Meudon.	700gr.	405m.
	800gr.	412m.
	1000gr.	411m,5

On a donc été amené à chercher des poudres progressives, c'est-à-dire donnant des quantités de gaz qui ne diminuent pas et même croissent à mesure que le projectile s'avance dans le canon.

On a proposé successivement :

1° Des poudres en grains percés de canaux intérieurs, la surface de combustion du grain ne variant pas à cause de l'agrandissement des canaux.

2° Les poudres à couches concentriques de densité et de composition différentes, dont la combustibilité augmente de la surface au centre.

3° Les poudres comprimées, qui ne sont que les premières, moulées en charge au lieu d'être moulées en grain.

Deux de ces solutions reposent sur l'hypothèse que l'émission des gaz est proportionnelle à la surface de combustion et que la vitesse de combustion est indépendante de la pression exercée par les gaz déjà formés.

Or cette dernière supposition est contraire aux faits. La vitesse de combustion croît très-rapidement avec la pression.

En effet, dans un canon de marine dont la charge est de 24 kil., le temps que le boulet met à parcourir l'âme est environ 1/80 de seconde. Si la vitesse de combustion restait ce qu'elle est à l'air libre (10 mill. par seconde), il ne se brûlerait que 3 kil. de poudre. On devrait donc en voir sortir au moment du tir 21 kil., et c'est à peine si l'on en retrouve quelques grains. Pour que la poudre brûle à peu près complétement dans 1/80 de seconde, il faut que la *vitesse moyenne* de combustion soit $0^m,32$ par seconde, et comme elle part de $0^m,01$, il faut qu'à un moment donné elle soit beaucoup plus considérable.

Après un tir, on retrouve devant la bouche à feu, de ces fragments de poudre qui n'ont pas été complètement brûlés. Ils se sont refroidis, probablement par le passage subit d'une pression très-forte à celle de l'atmosphère, ce qui les a éteints. Leur densité est toujours plus grande que celle du grain primitif ; leur surface porte des traces évidentes de combustion ; quant à leur forme elle diffère essentiellement suivant la densité des poudres employées, comme le montrent les fig. 35, 36, 37 et 38, qui représentent les fragments retrouvées et la place qu'ils occupaient dans le grain primitif.

On voit que dans les dernières poudres la combustion a lieu par couches concentriques, la surface restant nette et sans alvéoles. Supposons que le grain soit un parallèlipipède à base carrée, fig. 39, dont le côté est 2, la hauteur étant 1 ; à la fin

de sa combustion, il sera réduit à une lame *a b* dont la surface totale sera 2. La surface primitive était 16. Il suffira donc que la vitesse de combustion soit augmentée, par la pression, dans le rapport de 1 à 8, pour que la même quantité de gaz soit émise dans le même temps. Or tout prouve que cette vitesse arrive à

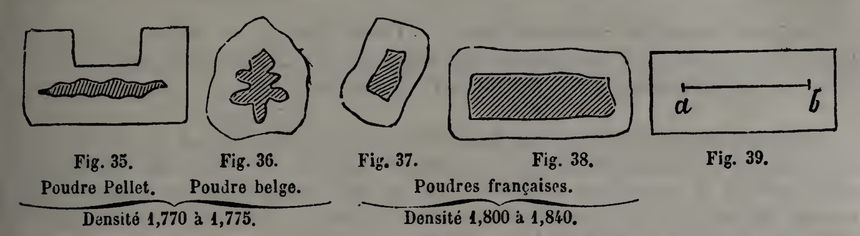


Fig. 35. Poudre Pellet. — Fig. 36. Poudre belge. — Densité 1,770 à 1,775.

Fig. 37. Fig. 38. Poudres françaises. — Densité 1,800 à 1,840.

Fig. 39.

être au moins centuplée, à un moment donné. Ils est donc possible d'obtenir une poudre *progressive* et dont tous les grains se brûleront dans le même temps, en taillant ces grains dans une galette dure dont l'épaisseur constante serait leur dimension minimum.

De tout ce que nous avons dit découle aussi cette conclusion. Pour chaque bouche à feu il y a une poudre qui utilisera le mieux la résistance du canon et qui fera rendre au projectile un travail maximum.

Au point de vue pratique, cette diversité des poudres est inadmissible; mais on peut, et on doit s'en rapprocher le plus possible. Quatre espèces de poudre paraissent devoir suffire aux exigences de l'artillerie nouvelle.

Une poudre vive pour les mortiers.

Trois poudres progressives : l'une pour canons de campagne; l'autre pour les canons de siège de 15 cent. et audessous; la troisième pour les calibres supérieurs et les canons de marine.

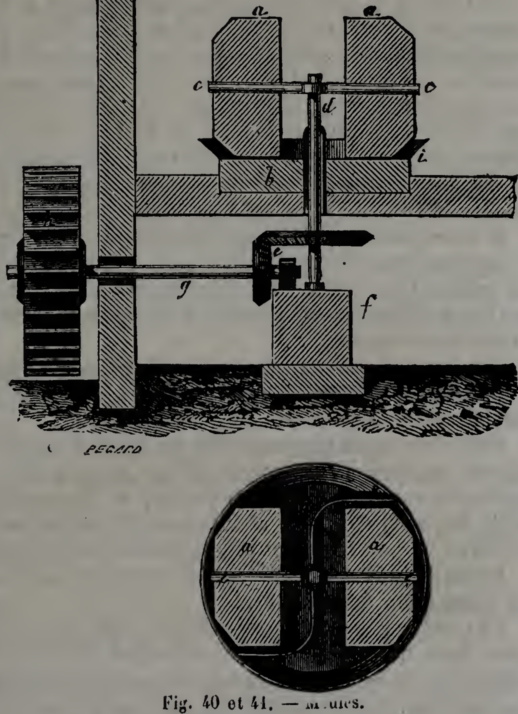


Fig. 40 et 41. — Meules.

Il est bien entendu que les canons monstres sont exceptés.

Tels sont les traits généraux de la solution adoptée en France.

Les nouvelles poudres ne peuvent plus être fabriquées aux pilons. La trituration doit se faire avec des meules, fig. 40 et 41.

Le galetage se fait à la presse hydraulique. Ces poudres sont fortement lissées au lissoir ordinaire, de façon à ne pas donner de poussier.

Inconvénients des autres poudres. — Poudres prismatiques. — La progressivité est fondée sur l'augmentation de la surface des canaux intérieurs

et suppose que les grains ne sont pas brisés. Les résultats semblent contredire cette supposition, car l'expérience a prouvé que cette poudre est très-offensive pour les canons se chargeant par la culasse. De plus, les grains ont des densités très-différentes. (Expériences de Ruelle et de Woolwich.)

Poudres à couches concentriques. — Cette solution ne répond pas aussi bien que les poudres à gros grains aux exigences du tir, même au point de vue théorique. Pratiquement, elle est à peu près irréalisable.

Poudres comprimées. — La fabrication de ces poudres est plus coûteuse puisqu'il y a le moulage en plus. Les pressions extérieures réduisent rapidement cette poudre à ses grains primitifs. On ne peut considérer ce système que comme un moyen d'atténuer les défauts de la poudre à canon ordinaire, et non comme une solution réelle de la question.

Quelques autres propositions se sont produites dans ces dernières années. Citons l'idée originale qui a donné naissance à la poudre Totten.

La *Poudre à compensation* (Compensating powder) a été proposée par le lieutenant Totten de l'artillerie des *États-Unis*. Un noyau de fulmi-coton est entouré de poudre ordinaire. La poudre, brûlant d'abord, commence le mouvement du projectile; le fulmi-coton, ne brûlant que plus tard, les gaz produits ont un espace plus grand pour se détendre. Cette poudre destinée aux gros canons est en grains sphériques de 25 mill.; le noyau de fulmi-coton a $12^m/$,7. D'après l'inventeur, 100 kilog. de la nouvelle poudre produiraient un effet équivalent à 180 kilog. d'ancienne poudre. Dans ces 100 kilog. il y aurait 92^k,7 de poudre et 13^k,3 de fulmi-coton.

Si cette poudre a été l'objet d'essais réguliers, leur résultat nous est inconnu.

Sauf cet essai d'introduction d'un noyau de fulmi-coton, on revient toujours au mélange qui compose la poudre ordinaire. Les innovations récentes portent sur les modifications à apporter à la fabrication et non sur la nature même de la substance explosive.

Ce n'est pas que d'autres composés n'aient été soumis à des essais.

Le fulmi-coton, par exemple, a été, il y a déjà longtemps, soigneusement expérimenté en Autriche, puis abandonné.

Rappelons aussi les essais faits en 1872, à la commission de Calais, avec une poudre au picrate d'ammoniaque. Ses grains jaunes, un peu plus gros et un peu moins durs que la poudre ordinaire, se composaient de 54 parties de picrate et de 46 de salpêtre. Les résultats ne furent pas satisfaisants : dès que la charge devenait un peu forte, les pièces étaient gonflées et déformées.

Avant de quitter ce sujet, il convient de mentionner une méthode nouvelle de fabrication de la poudre.

La poudre *Viner* est fabriquée sans eau. Les matières premières sont mélangées dans une tonne. On les chauffe à la vapeur à une température un peu supérieure à celle de la fusion du soufre, puis on comprime sous une presse hydraulique. On obtient ainsi une galette de densité 1,86 à 1,90 avec une pression de 130 atmosphères.

Le colonel russe Viner, inventeur de ce procédé, lui attribue les avantages suivants :

Diminution des propriétés hygrométriques;

Économie de fabrication;

Diminution des dangers de fabrication.

Les premiers résultats ont été assez satisfaisants pour qu'une commande de 80,000 kilog. ait été faite pour des expériences en grand.

Nous n'avons parlé jusqu'à présent que des poudres destinées au tir. Il nous

reste à dire un mot de celles qui doivent produire l'éclatement des projectiles.

Les qualités à rechercher, sont ici très-différentes de celles que nous avions en vue pour le tir. Il s'agit de briser l'enveloppe de fonte en un nombre assez grand de morceaux ni trop gros, ni trop petits et animés d'une certaine vitesse. Tel est du moins le cas des projectiles destinés à être tirés contre des troupes.

Pour les projectiles qui doivent bouleverser des terres ou des maçonneries, une poudre trop brisante aurait l'inconvénient de ne produire quelquefois que des chambres de compression.

La poudre à canon est actuellement à peu près seule employée à ces usages, quoiqu'elle ne remplisse pas parfaitement toutes les conditions désirables, parce qu'on n'a pas encore trouvé mieux.

Cependant, l'emploi des poudres chimiques a donné lieu à des essais nombreux qui se poursuivent encore, mais dont les résultats n'ont pas présenté jusqu'ici un ensemble satisfaisant.

La fabrication du matériel de guerre en France et à l'étranger. — Une question souvent agitée est celle de savoir si l'État doit continuer à se charger de fabriquer directement le matériel de guerre, ou s'il ne serait pas préférable de remettre ce soin à l'industrie privée.

Il est intéressant de voir comment cette question est résolue chez les différentes puissances.

France. — Le *service des Forges* achète les fers, fontes et aciers nécessaires à la construction, il se compose d'officiers et d'employés d'artillerie qui surveillent la fabrication dans les usines adjudicataires et reçoivent les produits.

Les *arsenaux* confectionnent et réparent le matériel roulant.

La *Fonderie de Bourges* coule des objets en bronze et usine les canons tant de bronze que d'acier. Deux ateliers de construction, *Tarbes* et *Puteaux*, usinent aussi les bouches à feu. La direction et la fabrication sont confiées à des officiers d'artillerie.

Les *manufactures d'armes* fabriquent, sous le régime de l'entreprise, les armes portatives. La direction et la surveillance sont exclusivement réservées aux officiers et employés militaires.

Les poudreries militaires sont gérées et surveillées par des officiers.

Enfin les ateliers de l'école de pyrotechnie fournissent tous les artifices de guerre.

La fabrication des armes et engins de guerre par les particuliers est interdite, à moins d'autorisation spéciale.

Angleterre. — La fabrication du matériel de guerre est libre et forme une branche importante de l'industrie nationale. Sir W. Armstrong, M. Whitworth, sont connus du monde entier.

Le gouvernement anglais, malgré les facilités très-grandes qu'il trouverait à faire fabriquer son matériel de guerre dans les usines privées, ne renonce pas à ses ateliers militaires. Depuis la guerre de Crimée, il leur a même donné de grands développements. Ce sont : la manufacture d'armes d'*Enfield*, pour les armes portatives, la poudrerie de *Waltham-Abbey*, pour les poudres et l'arsenal de *Woolwich* pour tout le matériel d'artillerie. Pour encourager l'industrie privée, le gouvernement lui fait des commandes chaque année et ne fabrique dans ses ateliers qu'une partie du matériel qui lui est nécessaire.

L'usine d'*Elswick* qui est dirigée par M. Armstrong fabrique chaque année une grande quantité de bouches à feu et d'affûts, tant pour le gouvernement anglais que pour les états étrangers. Nous rappellerons ici que c'est à *Els wic*

que le gouvernement Italien a commandé les 8 canons de 100 tonnes qui doivent armer les deux cuirassés qu'il fait construire.

Allemagne. — La *Prusse* a réuni à *Spandau* la presque totalité de ses ateliers militaires :

Un arsenal de construction pour le matériel d'artillerie;

Une fonderie de canons et de projectiles;

Une poudrerie (il en existe une autre à *Neisse*);

Un laboratoire de pyrotechnie et une manufacture d'armes.

Deux autres manufactures existent à *Erfurth* et à *Dantzig.*

La *Prusse* tend à absorber tous les établissements militaires des petits États allemands.

La *Bavière* a cependant conservé sa fonderie de canons et sa manufacture d'armes.

L'usine de M. Krupp à *Essen* fabrique une grande quantité de canons dont une partie pour la *Prusse.* La *Russie* et la *Turquie* font beaucoup de commandes à *Essen.*

Autriche. — L'arsenal de *Vienne* comprend :

Un arsenal proprement dit;

Une fonderie de canons et une manufacture d'armes.

En outre le gouvernement autrichien possède la poudrerie de *Stein* et de nombreux petits ateliers de réparations.

Russie. — Quoique cette puissance achète une partie de son matériel à M. Krupp, elle n'est pas sans posséder des ateliers militaires. Elle met même tous ses soins à les développer et à s'affranchir du tribut qu'elle paie à l'Allemagne.

La *Russie* a trois manufactures d'armes : *Toula*, *Sestroretz* et *Ijewsk.*

Un grand arsenal se monte à *Pétersbourg*, il consiste en un atelier de construction pour bouches à feu et une fonderie de bronze. Les canons d'acier et de fonte sont fournis par les fonderies de *Perm*, *Alexandrow-Olonetz* et *Werkné-Tourinsk.* L'arsenal de *Briansk* fond également des canons de bronze et fabrique du matériel ainsi que celui de *Kiew.*

L'ensemble des établissements russes est complété par trois poudreries : *Ochta*, *Schosta* et *Kasan*

Une usine privée s'est fondée près de *Saint-Pétersbourg* sous la direction de MM. Poteclow et Oboukhow pour la fabrication des canons.

Italie. — Ateliers de construction et fonderies de canons : *Turin* et *Naples*

Manufactures d'armes : *Brescia*, *Turin* et *Naples* ;

Poudreries : *Fossano* et *Scafati.*

Belgique. — La *Belgique* commande ses canons à *Essen*, néanmoins elle conserve la fonderie de *Liége.*

Une manufacture d'armes existe à *Liége*, et un arsenal de construction à *Anvers*;

Une poudrerie civile établie à *Vetteren,* fournit à l'État les poudres de guerre qui lui sont nécessaires.

Espagne. — L'*Espagne* possède un grand nombre d'établissements militaires. Citons : l'arsenal et la fonderie de *Séville*;

La fonderie d'acier de *Trubia.*

La fabrique d'armes blanches de *Tolède.*

Hollande. — A *La Haye* il existe une fonderie;

A *Delft*, une manufacture d'armes, un arsenal de construction, une poudrerie et un laboratoire de pyrotechnie.

Suède. — L'Etat possède une manufacture d'armes. Les bouches à feu sont fournies par l'industrie nationale, notamment par les fonderies de *Finspong*, *Aker* et *Stafijo*

Suisse. — La *Suisse* possède la manufacture d'armes de *Thoune* et la fonderie d'*Aarau.*

Etats-Unis. — Pendant la guerre de sécession, c'est l'industrie privée qui a fourni le matériel nécessaire aux armées.

Cependant il existe une manufactures d'armes : la manufacture nationale de *Springfield.*

Conclusions. — Il ressort de cet examen qu'aucune puissance, en Europe, n'abandonne complétement la fabrication du matériel de guerre à l'industrie privée. Les principaux États, au contraire, augmentent les moyens de production de leurs usines. La tendance à concentrer tous les moyens de production dans un établissement unique, est un fait général et remarquable.

Cependant, la fabrication des armes et engins de guerre pouvant devenir une source importante de transactions commerciales, il est bon d'encourager l'industrie à suivre cette voie et même de l'aider par quelques commandes. Les pièces de gros calibre dans lesquelles l'uniformité des détails n'est pas rigoureusement nécessaire, peuvent, sans notables inconvénients, être demandées aux usines privées, Ce serait pour les pays où ce genre de travail est prohibé un débouché nouveau pour les produits de l'industrie métallurgique.

MARINE ET CONSTRUCTIONS NAVALES

PAR

MM. G. DE BERTHIEU ET GALTIGNY

ingénieurs-constructeurs.

PRÉLIMINAIRES.

Il n'est pas d'industrie qui, dans ces derniers temps, ait subi plus de métamorphoses et ait été l'objet d'une activité plus ardente que l'industrie des constructions navales.

Dans les *marines militaires*, c'est la lutte qui se poursuit entre les engins agressifs de plus en plus puissants de l'artillerie et la cuirasse protectrice dont l'épaisseur se fait progressivement croissante ; c'est le partage des idées entre le mode d'attaque par le boulet ou par le choc de l'éperon ; c'est, d'autre part, l'hésitation qui se manifeste, dans la création des types, sur la question de la préférence à accorder au poids mis sous forme de muraille défensive en fer, ou sous celle d'immenses appareils moteurs capables d'imprimer des vitesses précédemment inconnues; c'est enfin l'apparition, et déjà la régularisation dans le mode d'emploi, d'un engin nouveau, formidable, la *torpille*, qui fait surgir avec elle tout un outillage approprié à son usage pour l'attaque ou motivé par l'intérêt de s'en défendre.

Dans les *marines marchandes*, l'accroissement chaque jour plus rapide des nations d'outre-mer et des émigrations européennes, la vapeur et l'électricité agissant de concert comme mode de transmission de la pensée, l'ouverture des grands marchés lointains, ont plus changé les bâtiments de mer dans ces dernières années que ne l'avaient pu faire des siècles des temps précédents.

Dans l'intérieur du pays, les *transports par eau* tendent à prendre un nouvel essor et appellent un matériel approprié aux conditions économiques que la prospérité des chemins de fer impose à nos rivières et canaux.

En présence d'œuvres aussi variées, il nous paraît utile de faciliter au lecteur le classement des idées ou des besoins auxquels elles répondent : les études qu'elles comportent gagneront ainsi en clarté. Nous entrons donc en matières par une initiation d'ensemble qui, en conduisant nos lecteurs aux programmes actuels, intéressera à la marine, même ceux d'entre eux qui lui sont le plus étrangers.

I. — MARINES MILITAIRES.

Coup d'œil rétrospectif. (1). — On doit se rappeler que vers 1858 la suprématie maritime, jusqu'alors gardée sans conteste par l'Angleterre, se trouva inopinément déplacée par le développement rapide que des innovations en constructions navales prirent de ce côté de la Manche. Non-seulement la France avait

---

(1) Voir nos *Etudes sur l'Exposition de 1867*, 1 vol., lib. E. Lacroix.

établi l'équilibre avec la Grande-Bretagne par le nombre et les qualités de ses navires de combat à hélice, dont le *Napoléon* fut le premier type, mais elle avait, de plus, commencé et presque achevé quatre navires d'un type entièrement nouveau, destinés à révolutionner la tactique des combats maritimes et à rendre presque sans usage la plus grande partie de l'immense matériel naval que l'Angleterre possédait à cette époque. La *Gloire* fut le premier bâtiment de cette ère nouvelle qui devait être si active pour les industries métallurgiques.

En 1858, la France, indépendamment de la *Gloire*, met en chantier trois bâtiments cuirassés, six autres l'année suivante : dès 1863, elle en avait dix à flots, le double de l'Angleterre, et le constructeur français, M. Dupuy de Lôme, avait eu le mérite de constituer une flotte homogène, composée d'éléments susceptibles d'agir avec simultanéité.

L'Angleterre s'était montrée indécise aux débuts des constructions nouvelles : longtemps la cuirasse y fut considérée comme devant nuire aux qualités nautiques, d'où des tâtonnements; en multipliant le nombre de ses vaisseaux, elle multipliait ses types. Le *Warrior*, mis en chantier seulement en avril 1859, n'est que partiellement cuirassé : sa hauteur de batterie, égale à $2^m,70$, est plus grande que celle de la *Gloire*, mais ses roulis amples, ses lenteurs d'évolution font plus qu'annuler un avantage qu'elles rendent fictif. Après le *Warrior*, la même année, trois bâtiments cuirassés furent mis en chantier, chacun suivant un programme et un mode de protection différents.

En 1864, le développement de la flotte anglaise est poussé activement, mais elle conserve encore son caractère d'incertitude. Le combat du *Monitor* et du *Merrimac* mit en faveur le *navire à tourelles*, pour lequel l'américain Éricson s'était inspiré des idées du capitaine Philipps Coles : batteries supprimées, murailles abaissées. Un cruel désastre devait apprendre que l'adaptation de ces idées à la navigation en haute mer réclame des études approfondies de stabilité et que l'à-peu près ne saurait suffire : le navire ras sur l'eau et à tourelles le *Captain* s'engloutit au fond de l'Océan avec 500 marins, par des circonstances de mauvais temps très-ordinaires.

M. Reed, alors contrôleur en chef de la marine britannique, en arriva au type des bâtiments à fort central, l'*Herculus* et le *Bellérophon*, chacun armé de 14 canons de puissant calibre et pourvu d'une machine de 1,000 à 1,200 chevaux nominaux.

Ainsi, de la guerre de Crimée à l'année 1868, on avait vu surgir successivement la batterie flottante, le navire à batterie partiellement cuirassé, le navire à batterie cuirassé de bout en bout, le navire à tourelles à murailles basses, le navire de haut bord à fort central.

Puis, M. Goschen, premier lord de l'amirauté, fit mettre en chantiers des navires d'un autre type dont la *Dévastation* est le spécimen avec les données principales suivantes : longueur $86^m,87$, largeur $18^m,97$, tirant d'eau $8^m,07$, déplacement 9300 tonnes, machine motrice de 800 chevaux nominaux, capable de développer jusqu'à 6400 chevaux de 75 kilogrammètres. Ici, le poids réservé précédemment à la mâture est donné à la machine et au cuirassement dont les plaques atteignent $0^m,35$.

C'est que déjà les canons deviennent géants et ils ne se sont pas arrêtés dans cette voie de croissance. En 1873, le canon anglais de 30 centimètres lançant des projectiles de 272 kil. était considéré comme la pièce la plus puissante que les navires eussent à redouter, et il semblait aux constructeurs qu'une muraille de $0^m,30$ à $0^m,35$ dut suffire à la protection. Mais l'année 1875 a produit le canon de 80 tonnes, 1876 a vu naître celui de 100 et l'on parle aujourd'hui de canons de 160 tonnes. On peut juger d'après cela, que si l'armement n'utilise pas couram-

ment ces pièces monstres, du moins des ressources formidables lui sont offertes. Voici quelques données qui fixeront les idées (1).

	POIDS du projectile.	VITESSE initiale.
	kilog.	mètres.
Canon français de $0^m,32$.......	358	450
Canon anglais de $0^m,30$.......	324	397
Canon Krupp de $0^m,30$........	296	465

A 1800 mètres, les canons Krupp de 57 tonnes perceraient la cuirasse de $0^m,61$ du navire anglais l'*Inflexible*. Aux derniers canons fabriqués il faut opposer des plaques de $0^m,80$ et le dernier mot n'est pas dit.

En même temps le tir a gagné considérablement en précision et rapidité grâce à l'emploi d'appareils de chargement hydrauliques.

Indiquons maintenant l'état actuel des marines étrangères et françaises. A ce sujet nous allons suivre, comme le guide le plus sûr, le rapport si substantiel et si instructif au point de vue national, qui a été présenté par la commission parlementaire sur le budget de l'exercice 1878 (2).

État actuel des marines étrangères. — Toutes les nations consacrent une grande partie de leurs ressources à la création ou au développement de leur marine militaire.

Surtout depuis la guerre de 1870, les amirautés étrangères prennent les soins les plus minutieux pour se tenir à la hauteur des transformations nouvelles, jalouses de se devancer dans la voie des découvertes.

L'Angleterre, la Russie, l'Allemagne, l'Italie, l'Autriche, la Turquie ont mis en œuvre toutes leurs forces vives; elles ont fait appel au dévouement, à la science, à la valeur personnelle de leurs officiers, de leurs ingénieurs, de leurs administrateurs, à l'habileté de leurs ouvriers.

La Russie continue, depuis quinze ans, à accumuler dans la Baltique ses ressources sur Kronstadt, qui, cependant, résistait déjà en 1855 à la France et à l'Angleterre; dans la mer Noire, elle met Sébastopol à l'abri de la nouvelle artillerie, et elle agrandit et fortifie Nicolaïeff; à l'extrême Orient, enfin, en Corée, elle crée Wladivostock.

L'Allemagne, qui, il y a vingt ans, ne possédait qu'un petit arsenal, Dantzig, a créé Kiel sur la Baltique, et en a fait le rival de Kronstadt; en même temps, elle poursuit sans relâche sur la mer du Nord les immenses travaux de Wilhemlshafen.

(1) Le canon de 80 tonnes mesure: à l'âme, $8^m,235$ de longueur, 0^m40 de diamètre à la bouche; à l'extérieur, longueur $10^m,065$, diamètres 1,83 à la culasse, 0,61 à la bouche; rayé, à pas variable de 0 à $\frac{1}{35}$, il fait accomplir au projectile près de 1 révolution dans l'âme. Le projectile est un obus plein pesant 650 kil. que lance une charge de 125 kil. de poudre prismatique, à une portée de plus de 12 kilomètres. — L'affût et le canon pèsent ensemble 120 tonnes.

(2) Rapport de M. Paul Bethmont, député.

L'Italie crée la Spezzia, presqu'en face de Toulon, agrandit Tarente, fortifie Venise et se constitue ainsi un triangle défensif de premier ordre.

L'Angleterre a accru Pembroke, Portsmouth et Chatam; Chatam surtout, qui, à l'abri de toute attaque, peut travailler en sécurité. Elle a cinq ports où l'on construit, où l'on répare, où l'on arme : Pembroke, qui emploie 1,610 ouvriers; Schernees, 1,644; Chatam, 3,500; Davenport, 4,336; Portsmouth, 4,910; et, cependant, l'Angleterre a, ce qu'aucune autre nation ne possède, une puissante industrie, et elle peut demander ses plus grands navires de guerre à l'admirable outillage des usines de Glascow, de Birkenhead, des bords de la Tamise, de Hull et de Sunderland.

Est-il nécessaire, d'ajouter que cette activité, déployée partout pour fortifier les arsenaux, accroître leur superficie, perfectionner leurs moyens de production, a donné un nouvel essor aux constructions navales.

L'Angleterre possède aujourd'hui 49 cuirassés de premier rang, et, l'année dernière, la chambre des communes applaudissait un de ses membres autorisés affirmant que, même en admettant l'alliance de la France, de la Russie et de l'Allemagne, l'Angleterre serait encore dans les meilleures conditions pour soutenir la lutte. La Russie, qui a déjà 28 cuirassés, dont l'un, le *Pierre-le-Grand*, est certainement plus puissant que la *Dévastation* et le *Thunderer* (les plus forts des cuirassés anglais) n'en comptera pas moins de 52, lorsqu'en 1883 elle aura achevé le programme de sa flotte. Si la Russie a devancé l'Angleterre en construisant le *Pierre-le-Grand*, l'Italie a dépassé la Russie en lançant, dernièrement, à Castellamare, le *Duilio*, bâtiment en fer et en acier, le plus puissant type qui ait été créé, et en achevant en ce moment trois cuirassés de même force parmi les treize qu'elle a sur chantiers.

L'Allemagne est loin de rester en arrière dans ce mouvement général : elle poursuit avec une remarquable activité l'achèvement du programme de sa flotte sur les bases présentées, en 1873, au reichstag; elle aura 16 cuirassés de premier rang, 20 croiseurs, 28 navires torpilles, des monitors, des batteries cuirassées, des chaloupes canonnières, tous bâtiments construits d'après les meilleurs types, et appropriés, les uns à la guerre d'escadre, les autres à la course et aux croisières lointaines, les derniers à la défense des côtes.

La Turquie a entrepris sa dernière guerre avec une flotte qui comptait 18 cuirassés, des monitors et des transports.

La même activité qui régne dans les chantiers règne dans les fonderies, et les armements ont suivi les progrès des constructions.

Si l'on a doublé, triplé et même quadruplé l'épaisseur des cuirasses, si maintenant les navires de premier rang ont des cuirasses de 47, de 50 et même de 60 centimètres d'épaisseur, les canons suivent la même progression.

On citait, il y a trois ans, les canons de 80 tonnes; aujourd'hui l'Italie arme le *Duilio* et le *Dandolo* avec des canons de 100 tonnes, et, à peine l'Angleterre se prépare-t-elle à en faire de 120, que l'Allemagne en annonce de 160 ! Où s'arrêtera-t-on dans cette voie ? A leur tour, les effets de destruction constatés dans les expériences de Schœburness, d'Essen, de la Spezzia ne seront-ils jamais dépassés?

Tel est, en traits rapides, le grand mouvement qui se produit du Nord au Midi, chez les principales nations maritimes.

D'ailleurs, on se fera une idée plus exacte de l'activité que chaque puissance déploie pour accroître sa force navale, si l'on compare, à l'ensemble des ressources qu'elles mettent à la disposition de leur marine, leurs dépenses pour les approvisionnements généraux.

On trouve alors pour ces deux dernières années la proportion suivante :

L'Allemagne consacre 66 $^0/_0$ de son budget de la marine en constructions

navales, la Russie, 62 % l'Autriche, 48, l'Angleterre 36, la France 35, l'Italie 33.

L'Angleterre et la France n'occupent dans ce tableau que le troisième et le quatrième rang. Mais il faut tenir compte des raisons qui motivent ces différences. L'Allemagne, la Russie, l'Autriche, l'Italie, la Turquie, ont peu ou point de passé maritime; elles n'ont pas de colonies; elles n'ont donc ni à entretenir un matériel ancien, ni a pourvoir aux obligations qu'entraîne l'existence de possessions lointaines. Elles peuvent dès lors consacrer toutes leurs ressources à créer, renouveler, perfectionner leurs flottes de combat.

De telles comparaisons portent leur enseignement avec elles. L'avenir réserve une supériorité incontestable aux nations qui auront dépensé la plus grande somme d'intelligence et d'activité pour la création de leur matériel naval et pour l'excellence de son armement.

État de la marine française. — Notre marine est dans des conditions satisfaisantes. Nous pouvons la développer et la perfectionner sans de trop grandes dépenses (1).

Nous possédons les catégories d'hommes nécessaires à l'entretien de notre flotte, ingénieurs, administrateurs, maîtres, ouvriers. L'inscription maritime nous donne plus de 50,000 matelots de 20 à 40 ans, disciplinés, passant ou ayant passé de trois à cinq années à bord des bâtiments de guerre; nous trouvons chez eux toutes les spécialités, et cela à un haut degré d'excellence.

Notre marine a de plus l'avantage de trouver sur notre sol ce qui lui est utile. Nous avons le bois, le fer, le charbon.

Nos cinq grands arsenaux, convenablement espacés sur les côtes, sont à la fois des points d'attaque et de refuge. C'est là que, grâce, à une organisation savante, on peut mobiliser, plus rapidement que chez les autres nations, les forces vives de notre marine.

En temps de paix, ces mêmes arsenaux servent à la fois de ports de construction et de ports d'armement. On y concentre, sous une direction unique, celle de l'amiral préfet maritime, tous les services; on y reçoit et on y instruit les recrues; des écoles bien dirigées y forment les mousses, les matelots, les maîtres, les mécaniciens, les classent et les divisent en spécialités; l'inscription maritime y reçoit une impulsion uniforme et constante.

La France trouve donc chez elle tout ce qui constitue les éléments d'une puissance navale de premier ordre.

Notre matériel naval a été l'objet, en 1872, d'un programme tracé par M. le vice-amiral Pothuau, avec avis favorable du conseil d'amirauté. Ce programme, qui a obtenu l'assentiment de l'Assemblée nationale, avait été limité au strict nécessaire.

Le conseil des travaux, appelé subsidiairement à intervenir dans la constitution de la flotte prépara l'étude des différents types, augmenta les vitesses et le rayon d'action, accrut la puissance des appareils, les dimensions des navires, l'épaisseur des plaques de blindage, et fut ainsi amené à substituer aux unités premières des unités d'une valeur plus élevée; un écart sensible s'est produit entre les estimations de 1872 et celles d'aujourd'hui.

La valeur de la flotte, constituée d'après le programme de 1872, a été fixée à l'origine à 481,581,000 fr.; cette valeur, au cours actuel des choses et avec les types adoptés, ne s'élèvera pas à moins de 623,370,000 fr. La répartition de ces chiffres peut se faire approximativement de la manière suivante:

(1) Rapport de M. Paul Bethmont, député.

Programme de 1872.

BATIMENTS.		NOMBRE.	ESTIMATION en 1872.	ESTIMATION en 1876.
			fr.	fr.
Cuirassés en fer.	1er rang.	16	132,688,000	165,600,000
	2e rang.	12	64,908,000	89,400,000
Garde-côtes en fer.	1er rang.	10	50,140,000	62,500,000
	2e rang.	10	41,110,000	51,000,000
Croiseurs.	En fer, doublés.	8	41,352,000	60,720,000
	En cuivre.	8	22,888,000	33,040,000
	En bois, de 3e classe.	18	25,668,000	32,400,000
Avisos. Anciens avisos de 2e classe.		18	12,798,000	16,020,000
Canonnières.		32	13,984,000	17,600,000
Transports.	Écuries (fer).	10	33,230,000	41,500,000
	Pour les colonies (fer).	5	16,615,000	20,750,000
	Pour le matériel (fer).	10	10,900,000	13,600,000
Bâtiments de flottille.		60	15,400,000	19,200,000
		217	481.581,000	623,330,000

Le Ministre de la marine n'a pas attendu pour commencer la réalisation de ce programme, que ses ressources fussent remontées à leur chiffre normal. Dès l'année 1872, on s'est mis à l'œuvre pour reconstituer notre matériel naval.

Tout d'abord, après l'inspection faite dans les arsenaux par une commission composée des fonctionnaires et officiers les plus compétents, le conseil d'amirauté estima qu'un certain nombre de bâtiments devait être rayé du service de la flotte, et tout en utilisant, comme transports, la plupart de nos vaisseaux en bois à vapeur, il décida de ne leur attribuer que le plus simple entretien, pour les laisser disparaître avec le temps.

De 1872 à 1875, on a démoli cinquante-quatre bâtiments condamnés par le conseil d'amirauté, et, en ce moment, quinze autres bâtiments sont en démolition; cette mesure n'a été prise qu'après avoir cherché à les vendre, mais sans y réussir.

En 1872 et 1873, vingt bâtiments, dont le *Redoutable*, cuirassé de 1er rang, les croiseurs de 1re classe le *Tourville* et le *Duquesne* ont été mis sur les chantiers d'après les plans de nos meilleurs ingénieurs qui les dotèrent de tous les progrès réalisés.

Depuis 1873, on a mis sur les chantiers 39 bâtiments de types différents, tels que les cuirassés de 1re classe la *Dévastation*, le *Foudroyant*, et tout récemment le *Duperré*. Quant aux bâtiments qui étaient déjà en construction, on leur a appliqué les perfectionnements alors acquis.

Notre industrie privée a reçu de l'administration de la marine toutes les commandes auxquelles elle est en mesure de satisfaire. Depuis 1872, elle a fourni huit bâtiments dont 1 cuirassé de 1er rang, 1 croiseur de 1re classe, 3 avisos, etc.

Les tableaux ci-après mettent en relief, d'une part, le travail accompli depuis

5 ans, d'autre part, ce qui reste à faire pour que notre marine se trouve enfin dans l'état prévu par le programme de 1872.

L'état n° 1 est une statistique des navires terminés ou mis à flot de 1872 à 1877.

L'état n° 2 est relatif aux navires sur chantiers ou en achèvement à flot au 1er janvier 1877;

L'état n° 3 fait ressortir ce qui reste à faire pour terminer le programme de 1872; il s'agit dans ce tableau de navires dont aucun n'est commencé, mais qui tous peuvent être mis en chantier et construits de 1877 à 1885, si l'on donne à la marine les crédits nécessaires;

L'état n° 4 est le résumé des autres tableaux. Il les synthétise au point de vue de la composition de la flotte.

De ces divers tableaux, il ressort que, sans y comprendre les bateaux-torpilles, sans y comprendre l'artillerie nouvelle, il sera nécessaire de dépenser 239,114,000 fr. de l'année 1877 à l'année 1885 pour achever le programme de 1872; c'est-à-dire qu'avec une somme de 30 millions par an, uniquement consacrée aux constructions neuves, il est à prévoir que nous aurons reconstitué notre flotte dans huit ans. Mais, il faut le répéter, dans cette dépense annuelle, ne sont compris ni les bateaux-torpilles, ni les canons d'acier qui existent maintenant dans toutes les flottes étrangères et qu'il nous faudra nécessairement adopter.

Il est à remarquer aussi que les cuirassés coûteront plus qu'il n'avait été prévu en 1872, ou même en 1875 et 1876. Cela tient aux dimensions nouvelles des grands cuirassés et à leur épaisseur (1).

Le *Duilio* et le *Dandolo*, en Italie, ont des cuirasses de plus de 50 centimètres; l'Angleterre en construit de semblables, et les navires de ce type et de cette force coûtent plus de 18 millions.

« Mais cette flotte, conforme, quant au nombre, au programme de 1872, sera-t-elle suffisante? Il ne faut pas se faire d'illusion à cet égard pour les navires de combat et surtout pour les cuirassés d'escadre et les garde-côtes : les effectifs indiqués au programme de 1872 sont des minima qu'on sera certainement conduit à dépasser.

« Aujourd'hui le programme de 1872 réalisé nous donne satisfaction, mais dans quelques années il sera insuffisant si nos voisins continuent à progresser. »

Sans doute aussi il faut bien se convaincre que notre force effective est encore aujourd'hui à peu près la même qu'en 1872; car si, depuis cette époque, nous avons fait quelques recrues en achevant des coques commencées en 1869 et 1070, avons éprouvé aussi des pertes importantes et l'ensemble de notre flotte a subi quatre années d'usure.

Mais il n'en est pas moins vrai que tous les anciens types sont destinés à disparaître chaque année sans une proportion déterminée. Sur 220 bâtiments qui existaient au 1er janvier 1873, il n'en restera plus, en 1878, que 143, et, en 1885, on en aura renouvelé 127. C'est donc à cette époque que le programme de 1872 sera complétement réalisé, puisqu'alors seulement tous les bâtiments de la flotte seront conformes aux types nouveaux commandés par le progrès.

(1) Autrefois le vaisseau de ligne à trois ponts coûtait 2 millions. En 1857, les cuirassés coûtaient déjà 4,500,000 fr.; en 1871, 8 millions; aujourd'hui, ils vont atteindre 13 à 14 millions.

I. — Statistique des navires terminés ou mis à flot de 1872 à 1877 (1).

ESPÈCES ET NOMS DES BATIMENTS		DÉPLACEMENT	FORCE NOMINALE de la machine.	ARTILLERIE : CANONS RAYÉS							ÉPAISSEUR des cuirasses à la flottaison.
				27 cent.	24 cent.	19 cent.	16 cent.	14 cent.	au-dessous de 14 cent.	TOTAL.	
Cuirassés.											Centimèt.
1er rang. . .	Redoutable (*a*).	8.836	1.500	8	»	»	»	8	»	16	35
	Friedland.	8.823	950	8	»	»	»	8	»	16	20
	Richelieu.	8.417	1.000	6	5	»	»	2	10	23	22
	Colbert.	8.314	1.000	8	1	»	»	6	»	15	22
	Trident (*a*).	8.314	1.000	8	1	»	»	6	»	15	22
	Suffren.	7.600	950	4	4	»	»	»	6	14	20
2e rang. . . .	Victorieuse.	4.214	575	»	6	1	»	6	»	13	15
	Triomphante (*a*). . . .	4.214	575	»	6	1	»	6	»	13	15
	La Galissonnière. . . .	4.154	500	»	6	»	»	»	»	6	15
Garde-côtes cuirassés.											
1er rang. . . .	Tonnerre.	5.584	900	2	»	»	»	»	»	2	33
2e rang. . .	Tempête (*a*).	4.523	400	2	»	»	»	»	»	2	33
	Bélier.	3.590	530	»	2	»	»	»	»	2	22
	Boule-Dogue.	3.510	530	»	2	»	»	»	»	2	22
	Tigre.	3.602	530	»	2	»	»	»	»	2	22
Canonnières.											
Crocodile.		460	100	»	»	1	»	»	2	3	»
Lionne.		460	100	»	»	»	»	»	2	3	»
Croiseurs.											
1re classe. . .	Duquesne (*a*).	5.522	1.800	»	»	7	»	14	»	21	»
	Tourville.	5.521	1.806	»	»	7	»	14	»	21	»
1re classe. . .	Duguay-Trouin (*a*). . .	3.190	875	»	»	»	5	4	»	9	»
	Champlain.	1.930	450	»	»	»	1	9	»	10	»
	Dupetit-Thouars. . . .	1.930	450	»	»	»	»	10	»	10	»
	Fabert.	1.960	450	»	»	»	»	8	»	8	»
	Laclocheterie.	1.960	450	»	»	»	»	10	»	10	»
	Seigneley.	1.960	450	»	»	»	»	8	»	8	»

OBSERVATIONS

(*a*) Bâtiments en achèvement à flot.

(1) De la mise à l'eau aux essais définitifs, il s'écoule, en général, aujourd'hui, un an ou quelquefois plus, pour les grands navires et six mois pour les petits.

Pour mémoire : sept torpilleurs à grande vitesse non portés dans le programme de 1872.

3e classe. . . Rigault de Genouilly. .	1.640	450	»	»	»	»	8	»	8	»
Beautemps-Beaupré. .	1.270	230	»	»	»	1	5	»	6	»
Duchaffaut.	1.289	250	»	»	»	»	6	»	6	»
Hugon.	1.290	230	»	»	»	»	5	»	6	»
Leguelen.	1.280	250	»	»	»	»	6	»	6	»
Avisos de stations.										
Bisson..	833	175	»	»	»	»	4	»	4	»
La Bourdonnais.	833	175	»	»	»	»	4	»	4	»
Boursaint.	750	150	»	»	»	1	2	»	3	»
Bouvet..	750	175	»	»	»	»	4	»	4	»
Transports.										
Grand. . . . . Annamite.	5.430	650	»	»	»	»	2	»	2	»
De matériel. . Caravane.	2.018	150	»	»	»	»	2	»	2	»
Avisos. . . . Vire.	1.682	150	»	»	»	»	6	»	6	»
Seudre..	1.684	150	»	»	»	»	2	4	6	»
Avisos de flottille.										
Antilope..	518	80	»	»	»	»	»	2	2	»
Pétrel.	518	80	»	»	»	»	»	2	2	»
Cygne.	300	40	»	»	»	»	»	2	2	»
Rôdeur.	121	30	»	»	»	»	»	2	2	»
Chaloupes canonnières.										
Épée..	184	45	»	1	»	»	»	1	2	»
Tromblon.	170	45	»	1	»	»	»	1	2	»
Goëlettes à voiles.										
Perle.	238	»	»	»	»	»	»	2	2	»
Emeraude..	230	»	»	»	»	»	»	2	2	»
Mésange.	92	»	»	»	»	»	»	2	2	»
Canadienne.	80	»	»	»	»	»	»	2	2	»
Evangélineï	80	»	»	»	»	»	»	2	2	»
Gutters à voiles.										
Guetteur.	78	»	»	»	»	»	»	2	2	»
	131.956	21.370	46	37	18	9	175	46	351	. . . . .

II. — Liste des bâtiments en chantier et en achèvement à flot au 1er janvier 1877.

ESPÈCE ET NOMS DES BATIMENTS.		DÉPLACEMENT	FORCE NOMINALE de la machine.	ARTILLERIE : CANONS RAYÉS DE								ÉPAISSEUR des cuirasses à la flottaison.	OBSERVATIONS.
				32 c. et au-dessus	32 cent.	24 cent.	19 cent.	16 cent.	14 cent.	au-dessous de 14 cent.	TOTAL.		
1° BATIMENTS EN CHANTIER AU 1er JANVIER 1877.													
Cuirassés.													
1er rang.	Amiral Duperré	10.487	1.500	4	»	»	»	»	15	»	19	55	Il faudra dépenser 84,990,800 fr. pour achever les coques et les machines des bâtiments actuellement en chantier ou à flot.
	Dévastation	9.606	1.000	4	2	»	»	»	8	»	14	38	
	Foudroyante	9.606	1.500	4	2	»	»	»	8	»	14	38	
2e rang.	Bayard	5.881	800	»	»	4	1	»	6	»	11	25	
	Turenne	5.881	800	»	»	4	1	»	6	»	11	25	
	Triomphante	4.214	575	»	»	6	1	»	6	»	14	15	
Garde-côtes.													
1er rang.	Fulminant	5.584	900	»	2	»	»	»	»	»	2	33	
	Furieux	5.584	900	2	»	»	»	»	»	»	2	33	
2e rang.	Tonnant	4.523	400	2	»	»	»	»	»	»	2	33	
	Vengeur	4.523	400	2	»	»	»	»	»	»	2	33	
Canonnières.													
Lutin		400	100	»	»	»	»	»	2	»	3	»	
Lynx		460	100	»	»	»	»	»	2	»	3	»	
Croiseurs.													
2e classe.	Duguay-Trouin	3.190	875	»	»	»	»	5	6	1	11	»	
	D'Estaing	2.550	650	»	»	»	»	»	15	1	15	»	
	Forfait	2.250	650	»	»	»	»	»	15	»	15	»	
	Lapérouse	2.250	650	»	»	»	»	»	15	»	15	»	
	Magon	2.250	650	»	»	»	»	»	15	»	15	»	
	Monge	2.250	650	»	»	»	»	»	15	»	15	»	
	Nielly	2.250	650	»	»	»	»	»	15	»	15	»	
	Villars	2.250	650	»	»	»	»	»	15	»	15	»	
3e classe.	Eclaireur	1.640	450	»	»	»	»	»	8	»	8	»	
Avisos de stations.													
Chasseur		833	175	»	»	»	»	»	4	»	4	»	
Hussard		833	175	»	»	»	»	»	4	»	4	»	
Lancier		833	175	»	»	»	»	»	4	»	4	»	

Parseval.	833	175	»	»	»	»	»	4	»	4	»
Voltigeur.	833	175	»	»	»	»	»	4	»	4	»
Transports.											
Grands. Mytho.	5.430	650	»	»	»	»	»	2	»	2	»
Grands. Shannock.	5.430	650	»	»	»	»	»	2	»	2	»
Grands. Tonquin.	5.430	650	»	»	»	»	»	2	»	2	»
Avisos. Allier.	1.682	175	»	»	»	»	»	6	»	6	»
Avisos. Drac.	1.682	175	»	»	»	»	»	6	»	6	»
Avisos. Nièvre.	1.682	175	»	»	»	»	»	6	»	6	»
Totaux.	112.892	18.700	18	6	14	3	5	216	2	264	»
2° BATIMENTS EN ACHÈVEMENT A FLOT, AU 1er JANVIER 1877.											
Cuirassés.											
1er rang. Redoutable.	8.836	1.500	»	8	»	»	»	3	»	16	»
1er rang. Trident.	8.314	1.000	»	8	1	»	»	6	»	15	»
1er rang. Colbert.	8.314	1.000	»	8	1	»	»	6	»	15	»
2e rang. Victorieux.	4.214	575	»	»	6	1	»	6	»	13	»
Garde-côtes.											
1er rang. Tonnerre.	5.584	900	»	2	»	»	»	»	»	2	»
2e rang. Tempête.	4.523	400	»	2	»	»	»	»	»	2	»
Croiseurs.											
1re classe. Duquesne.	5.522	1.800	»	»	»	»	»	13	»	21	»
3e classe. Rigault de Genouilly.	1.640	450	»	»	»	»	»	8	»	8	»
Aviso de station.											
Bouvet.	750	175	»	»	»	»	»	4	»	4	»
Transports.											
Grand. Annamite.	5.430	650	»	»	»	»	»	2	»	2	»
De matériel. Caravane.	2.018	150	»	»	»	»	»	2	»	2	»
A voiles. Favorite.	1.150	»	»	»	»	»	»	»	2	2	»
Goëlette à voiles.											
Perle.	288	»	»	»	»	»	»	»	2	2	»
Total pour les bâtiments en achèvement à flot.	56.533	8.600	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	104	»
Report des bâtiments en chantier.	112.890	18.700	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	264	»
Total pour les bâtiments en construction.	169.623	27.300	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	368	»

III. — État des bâtiments à mettre en chantier au 1er janvier 1877 et années suivantes, pour constituer la flotte d'après le programme de 1872.

ESPÈCE DES BATIMENTS.		DÉPLACEMENT	FORCE NOMINALE de la machine.	ARTILLERIE : CANONS DE au-dessus de 32 cent.	32 cent.	27 cent.	24 cent.	19 cent.	16 cent.	14 cent.	au-dessous de 14 cent.	TOTAL.	ÉPAISSEUR de la cuirasse à la flottaison.	OBSERVATIONS.
													Centimèt.	
4 cuirassés de 1er rang.	1	10.500	1.800	4	»	»	»	»	»	15	»	19	55	
	3	31.500	5.400	12	»	»	»	»	»	45	»	57	55	
6 cuirassés de 2e rang.	1	5.881	800	»	»	»	4	1	»	6	»	11	25	
	5	20.405	4.000	»	»	»	»	5	»	30	»	55	25	
8 garde-côtes	1	5.500	1.200	1	»	»	»	»	»	»	»	1	60	
	7	38.500	8.400	7	»	»	»	»	»	»	»	7	60	
28 canonnières.	1	460	100	»	»	»	»	1	»	»	2	3	»	
	27	12.420	2.700	»	»	»	»	27	»	»	54	81	»	
2 croiseurs.	1	3.500	800	»	»	»	»	2	»	12	1	14	»	
	1	3.500	800	»	»	»	»	2	»	12	»	14	»	
5 avisos ou canonnières-stations (ou transports-avisos).	1	830	175	»	»	»	»	»	»	4	»	4	»	
	4	3.320	700	»	»	»	»	»	»	16	»	16	»	
9 grands transports.	1	5.430	650	»	»	»	»	»	»	2	»	2	»	
	8	43.440	5.200	»	»	»	»	»	»	16	»	16	»	
10 avisos de flottille.	1	100	50	»	»	»	»	»	»	»	2	2	»	
	9	900	450	»	»	»	»	»	»	»	18	18	»	
TOTAUX.	72	195.186	33.225	24	»	»	4	38	»	158	77	320	280	

(a) Les torpilleurs non compris dans le programme de 1872 ne figurent pas dans le présent état.
(b) La dépense relative aux coques et aux machines des bâtiments à mettre en chantier en 1877 et années suivantes, jusques en 1855, s'élève en total à 174,124,000 fr.

IV. — Résumé des tableaux précédents.

PROGRAMME de 1872.	ESPÈCE DES BATIMENTS.	NOMBRE DE BATIMENTS existant au 1er janvier 1877.	qui existeront encore à la fin de 1864.	en chantier et en achèvement à flot au 1er janvier 1877.	à mettre en chantier et à terminer avant 1855.
A	·	B	C	D	E
16	Cuirassés de 1er rang.......	19	6	6	4
12	Cuirassés de 2e rang........	10	2	4	6
20	Garde-côtes cuirassés.......	6	6	6	8
32	Canonnières................	18	2	2	28
34	Croiseurs de 1re, 2e et 3e classe.	39	18	14	2
18	Avisos de stations (*a*)......	16	3	6	5
15	Transports grands..........	15	2	4	9
10	Transports de matériels et avisos.	12	8	6	0
30	Avisos de flottille..........	24	X	0	10
.....	Torpilleurs (*b*)...........	7	14	6	Mémoire.
.....	Bâtiments à voiles (mémoire)..	......	......	......	......

(*a*) 4 en excédant qui remplaceront les 5 avisos de stations qu'il faudrait construire.
(*b*) Les torpilleurs ne figuraient pas au programme de 1872.

Voici, pour compléter le sujet, le tableau de l'effectif des diverses marines tel qu'il est ou tel qu'il sera bientôt quand toutes auront mis à flot les navires qu'elles sont en train de construire.

PUISSANCES.	CUIRASSÉS.	NON-CUIRASSÉS.	BATIMENTS à voiles.	TOTAUX.
Angleterre...........	54	313	40	407
France.............	48	109	60	217
Russie..............	29	175	10	214
Etats-Unis...........	26	95	26	147
Turquie.............	24	81	44	154
Hollande............	20	84	18	122
Allemagne...........	20	58	9	87
Italie..............	17	49	»	66
Autriche............	14	38	6	58
Espagne.............	11	131	7	149
Danemark............	8	26	3	»

Ce tableau comprend, autant qu'on a pu s'en assurer, tous les bâtiments en construction et à flot des diverses puissances, quel que soit le degré d'avancement de construction ou le degré de vétusté du navire à flot.

Si exact qu'il soit au point de vue du nombre des bâtiments que possède chaque puissance, ce tableau dans l'ordre où il est tracé ne donne pas la valeur relative des flottes de combat que chaque nation pourrait mettre en ligne.

En présence des types nouveaux et perfectionnés qui se multiplient, en présence d'une artillerie nouvelle qui se fonde, le nombre des navires ne constitue

plus à lui seul la valeur d'une flotte de combat; il faut en chercher la véritable expression dans la force individuelle des types dont une flotte se compose.

Quelle est la durée probable des navires, et par conséquent que faut-il dépenser pour les entretenir et les renouveler?

Autrefois on assignait aux navires en bois une durée probable de 16 ans, et aux navires en fer une durée de 25 à 30 ans suivant l'épaisseur des tôles qui entrent dans la construction première.

Les navires en bois de l'ancienne flotte ont souvent duré plus de 16 ans, et, par des radoubs successifs, on en a vu qui ont duré plus de 40 ans; mais on peut dire que, dans ce cas, il ne restait rien de la construction première si ce n'est l'armement et l'apparence extérieure du navire.

Il y avait peut-être alors avantage à prolonger indéfiniment par des radoubs successifs la durée d'un navire qu'on pouvait regarder comme parfait. C'était le cas des vaisseaux et frégates à voiles de l'ancien régime, orné toujours des mêmes canons de 30. Mais, aujourd'hui, avec les progrès incessants des machines et de l'artillerie, les navires changent trop vite de forme et d'armement pour qu'il y ait intérêt à en prolonger la durée au-delà de la durée même des matériaux qui entrent tout d'abord dans la construction.

II. — MARINES MARCHANDES

Pour apprécier ce qu'est aujourd'hui la navigation marchande, il faut se placer en Angleterre. C'est, en effet, le pays qui a le commerce extérieur le plus développé, parce qu'il ne produit pas assez de denrées alimentaires pour sa consommation et qu'il fabrique, au contraire, trop d'articles manufacturés pour son usage.

Voici d'après l'*Economiste français* dont nous empruntons les intéressantes statistiques, voici quels ont été, dans les cinq dernières années, le nombre et le tonnage des navires de toutes nationalités qui sont entrés dans les ports du Royaume-Uni ou qui en sont sortis, soit qu'ils eussent un chargement, soit qu'ils naviguassent sur lest :

ANNÉES.	NOMBRE DES NAVIRES.	NOMBRE DE TONNES TRANSPORTÉES.		NOMBRE DE TONNES.
		A voiles.	A vapeur.	
1872	129,611	22,087,293	20,393,732	42,501,025
1873	150,075	21,677,696	22,762,290	44,439,986
1874	128,245	22,148,903	23,282,054	44,428,957
1875	127,708	21,164,729	25,112,109	46,276,838
1876	134,759	23,615,865	27,169,037	50,784,902

Ces chiffres confondent presque l'esprit : ils ne s'appliquent d'ailleurs qu'à la navigation avec l'étranger ou avec les colonies, et ne comprennent pas le cabotage national. Les entrées et les sorties, dépassant 50 millions de tonnes, indiquent un accroissement de plus de 20 % du mouvement maritime en 1876 relativement à 1872.

Il s'en faut de beaucoup que toute cette navigation se fasse sous pavillon britannique. Une partie notable, et nous pouvons dire croissante, s'effectue sous pavillon étranger.

En 1872, le mouvement maritime sous pavillon étranger ne représentait que 48 % du mouvement maritime sous pavillon national; il est actuellement de plus de $^1/_3$.

Cette progression de la quote-part du pavillon étranger est la manifestation d'une sorte de loi naturelle et civilisatrice. « Plus s'accroissent, en effet, le « nombre et la population des nations civilisées, plus doit augmenter aussi dans « le mouvement maritime d'un peuple la quote-part du pavillon étranger » (1).

Comment se répartit entre les deux modes de navigation, la voile et la vapeur, cet énorme mouvement maritime du Royaume-Uni? Le tableau précédent l'indique :

Il montre qu'en 1872, la voile tenait une place un peu plus grande que la vapeur dans le mouvement maritime du Royaume-Uni. Dès 1873, cette proportion change : l'écart s'accroît, au profit de la navigation à vapeur, jusqu'en 1875; enfin, en 1876, la navigation à voiles semble avoir repris une nouvelle faveur, quoiqu'elle offre toujours, dans le total des entrées et des sorties un tonnage un peu moindre que la navigation à vapeur. En 1876, environ 46 % du mouvement maritime se faisaient par des voiliers et 54 % par des steamers.

La question de la lutte entre la marine à voile et la marine à vapeur est certainement une des plus curieuses de ce temps : On s'est successivement trop dégoûté de la navigation à voiles, trop épris de la navigation à vapeur; puis depuis trois ou quatre ans, il y a eu un revirement tout aussi excessif : la marine à voiles a trop repris faveur; on s'est persuadé qu'elle avait été injustement décriée, abandonnée; on s'est imaginé qu'elle allait recouvrer la grande majorité des transports. Quoiqu'il en soit, voici, pour les années que nous considérons, l'effectif de la marine à voiles et de la marine à vapeur dans le Royaume-Uni :

ANNÉES.	NOMBRE de TONNES A VOILES	NOMBRE de TONNES A VAPEUR	TONNAGE TOTAL.
1872	4,245,904	1,515,704	5,761,608
1873	4,067,144	1,680,953	5,748,097
1874	4,037,564	1,827,024	5,864,588
1875	4,044,504	1,847,188	5,891,692
1876	4,126,058	1,870,094	5,996,152

On voit par ce tableau (2) que le tonnage total de la marine britannique ne s'est pas notablement augmenté de 1872 à 1876; l'accroissement n'est que de 4 %, soit 1 % par an, chiffre en lui-même insignifiant. Mais le rapport des deux éléments qui entrent dans ce total s'est déplacé. La marine à vapeur s'est accrue de 354,000 tonnes, c'est-à-dire de 23 % tandis que la marine à voiles perdait 118,000 tonnes. Or, comme les navires à vapeur font dans le même temps beaucoup plus de voyages que les navires à voiles, il en résulte que la

(1) L'*Economiste français.*
(2) *L'Economiste français.*

puissance de transport de la marine britannique a notablement augmenté depuis 1872, quoique le nombre total de tonnes soit resté presque stationnaire. On constate que le nombre des marins et des mousses diminue presque chaque année. Il s'est réduit dans les 5 dernières années de 2 $^1/_2$ $^0/_0$, quoique, dans le même temps, le tonnage de la marine britaunique ait augmenté de 4 $^0/_0$ et que sa puissance effective de transport se soit accrue probablement de 12 ou 15 $^0/_0$.

La lutte entre la vapeur et la voile est loin d'être terminée. La grande faveur de la navigation marchande à vapeur date de 1870. On avait découvert les nouvelles machines *Compound* (1) qui économisent le charbon; le canal de Suez venait de s'ouvrir; les télégraphes transatlantiques commençaient à fonctionner. On se mit alors à construire dans le Royaume-Uni 350,000 ou 400,000 tonnes de navires à vapeur par an. On s'imagina que la navigation à voiles n'était absolument plus bonne à rien; on n'entretint même pas l'effectif voilier que l'on possédait; on finit par ne plus construire que 40 ou 50,000 tonnes de voiliers annuellement : la sixième ou septième partie de ce qui eût été nécessaire pour le maintien de la flotte à voiles. Puis survint la hausse du fer et du charbon; les grands vapeurs furent jugés trop nombreux; on décida qu'on s'était trop engoué pour ce mode de navigation; on revint aux constructions de navires à voiles. Ces alternatives sont bien indiquées dans le tableau suivant qui ne mentionne que les constructions faites pour la marine marchande anglaise, et non celles qui ont été faites en Angleterre pour l'étranger.

ANNÉES.	CONSTRUCTIONS		
	navires à voiles.	navires à vapeur.	Total.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
1872	54,967	338,004	392,971
1873	88,532	282,134	370,666
1874	187,313	333,890	521,203
1875	241,646	178,905	420,551
1876	236,890	123,475	360,365

On voit comment, vers 1873, la faveur revint à la navigation à voiles; ce n'est toutefois qu'en 1875, que les constructions de navires à vapeur diminuèrent considérablement; enfin, vers 1876, on construisit deux fois plus de tonnes de voiliers que de steamers. On est allé dans ce revirement beaucoup trop loin.

Plusieurs autres nations ont imité l'Angleterre, notamment l'Italie, qui, dans les cinq dernières années, a construit énormément de navires à voiles. Aujourd'hui, ces navires à voiles ne trouvent plus d'emploi: la houille a baissé considérablement de valeur; or, c'était précisément la cherté de la houille qui avait remise en faveur les voiliers.

Ces alternatives exagérées dans les tendances de l'industrie maritime n'ont pas été sans ajouter aux souffrances qui pèsent sur cette industrie particulièrement sujette aux hasards et aux crises.

L'avenir demeure assuré à la navigation à vapeur, mais ce n'est pas dire,

(1) Voir dans ces *Etudes*, l'article *Machines à vapeur marines.*

ainsi qu'on le pensait il y a quelques années, que la marine à voiles ait à disparaître complètement.

Marine marchande en France. — Un fait important, en France, qu'il est nécessaire ici de signaler a été la modification apportée, depuis l'exposition de 1867, aux règles prescrites pour jaugeage légal des navires.

Les ordonnances du 18 novembre 1837 et du 18 août 1839 donnaient les formules suivantes. En appelant :

L, la longueur des bâtiments (moyennes des longueurs mesurées du dedans de l'étrave au dedans de l'étambot, à la hauteur du pont supérieur et dans la cale);

l, la largeur intérieure sur vaigrage mesurée au maître-bau;

c, le creux mesuré du dessous du bordé du pont supérieur au-dessus du vaigrage de la cale, à côté de la carlingue, à l'endroit du plus grand creux;

T, le nombre de tonneaux de *jauge légale* :

Pour les navires à voiles:

$$T = \frac{L\,l\,c}{3{,}80} \qquad (1)$$

Pour les navires à vapeur :

$$T = 0{,}6\,\frac{L\,l\,c}{3{,}80}$$

Le décret du 24 décembre 1872, en vigueur depuis le 1er juin 1873, a prescrit de jauger les navires d'après la méthode qui est appliquée en Angleterre en vertu du bill du 10 août 1854. Le principe de cette méthode est d'évaluer le volume v des capacités intérieures au moyen de procédés géométriques qui tiennent compte de la forme réelle du bâtiment, et de l'aménagement effectif de ses machines et chaudières s'il est à vapeur. Ces procédés sont règlementés par le décret du 24 mai 1873. En Angleterre le tonneau de jauge a été fixé à 100 pieds cubes anglais ce qui correspond à 2mc,83. En France, le volume v étant exprimé en mètres cubes, on prend :

$$T = \frac{v}{2{,}83}$$

On remarquera que la formule (1) peut s'écrire :

$$\frac{L\,l\,c}{3{,}80} = \frac{0{,}745\,(L\,l\,c)}{2{,}83};$$

l'ancienne règle, comparée à la nouvelle, revenait donc à prendre invariablement, pour v, les $^3/_4$ environ du parallélipipède $L\,l\,c$.

Pendant l'année 1875, la dernière pour laquelle les relevés soient officiellement connus (1), il est entré dans les ports français 114,477 navires chargés sur lest :

Il en est sorti 114,418.

Le poids total des marchandises entrées dans les ports a été de. . . . , ...	9,856,294	tonnes
Celui des marchandises sorties de. . . . . , . . .	5,599,358	—

(1) Rapport de M. Sadi Carnot sur le budget de l'exercice 1878.

Ce dernier chiffre se décompose de la manière suivante :

Marchandises expédiées à l'étranger ou aux colonies et grande pêche.	3,576,799	tonnes
Mouvement du grand et petit cabotage.	2,022,559	—

62,397 navires ont été employés à ces transports.

La moyenne des cinq années antérieures pour le cabotage avait été de :

58,933 navires portant	2,011,055	tonnes

Le mouvement général du cabotage est resté à peu près stationnaire, et on ne constate de progrès sérieux que dans un petit nombre de ports.

Le commerce extérieur a fait de beaucoup plus rapides progrès :

En 1868, les importations s'élevaient à.		6,699,677	tonnes
Les exportations à.	2,746,299		
En 1875, les importations ont atteint .		7,780,919	—
Les exportations.	3,538,571		
En plus pour 1875.	792,272	1,081,242	—
	1,873,514		

Les dépenses d'entretien des ports durant l'année 1875 ont représenté environ 0^{f},36 par tonne de marchandise importée ou exportée.

Dans l'année qui vient de s'écouler, et malgré les craintes que l'on pouvait concevoir, la navigation en France a donné des résultats supérieurs à ceux des deux années précédentes. En effet; ainsi que l'expose l'*Économiste français* dont nous empruntons les relevés statistiques, la crise commerciale n'a guère porté que sur des articles atteignant une valeur élevée sous un petit volume; les cocons, la soie, les tissus de soie. Il y a eu, au contraire, augmentation à l'importation des bestiaux, des laines, des peaux, du lin, des bois à construire, des minerais. Toutes ces marchandises, lourdes, encombrantes, ont constitué un supplément de fret pour les navires qui sont venus dans nos ports. A la sortie, ils ont trouvé à charger des grains, des graisses, des tissus de laine, des fruits, des peaux et des pelleteries, en plus grande abondance que pendant les années précédentes. Si la valeur de nos échanges a diminué, le poids et le volume des articles échangés ont augmenté, et c'est précisément du poids et du volume des marchandises à transporter que dépend l'animation du mouvement maritime.

En 1877, le mouvement de la navigation de la France avec ses colonies, la grande pêche et les pays étrangers, s'est chiffré par 30,288 navires chargés, jaugeant 8,570,288 tonneaux à l'entrée et par 21,868 navires chargés jaugeant 5,830,357 tonneaux à la sortie; ce qui fait un total de 52,156 navires et de 14,400,645 tonneaux, résultats qui, comparés à ceux de l'année précédente, offrent une diminution quant au nombre des navires, mais une augmentation de 267,140 tonneaux, 1,8 $^0/_0$, quant aux transports effectifs.

Chaque année, depuis une assez longue période, on constate la diminution du nombre des navires. L'ancienne marine se transforme. Au lieu d'une flottille considérable de petits bâtiments, les puissances commerciales tendent chaque jour davantage à réduire le nombre des bâtiments en augmentant le tonnage de ceux qui se construisent.

Pour notre marine le fret d'exportation n'est pas en rapport avec le fret d'importation.

Ainsi en 1877, 30,288 navires chargés sont arrivés en France; sur ce chiffre

21,868 ont trouvé du fret et sont repartis avec un chargement tandis que les 8,420 autres ont dû repartir sur lest.

Le tableau suivant montre (1) quelle a été la part du pavillon français dans la navigation de concurrence :

NAVIRES.	ENTRÉE.		SORTIE.	
	NAVIRES.	TONNEAUX.	NAVIRES.	TONNEAUX.
Navires français.				
Navigation avec les colonies françaises.	1,390	727,439	1,553	785,597
Grande pêche..	537	63,066	525	60,697
Navigation avec l'étranger. Pays d'Europe.	6,835	1,334,923	5,049	1,000,685
Navigation avec l'étranger. Pays bas d'Europe.	866	709,331	733	658,710
	9,628	2,834,759	7,860	2,505,689
Navires étrangers.				
Navigation avec les colonies françaises.	220	69,538	152	33,676
Navigation avec l'étranger. Pays d'Europe.	18,869	4,536,986	13,240	2,813,816
Navigation avec l'étranger. Pays bas d'Europe.	1,571	1,129,005	616	477,176
	20,660	5,735,529	14,008	3,324,668

Ainsi, dans le mouvement d'entrée et sur un chiffre total de 30,288 navires, les navires français ne figurent qu'au nombre de 9,628 soit 31,7 $^0/_0$.

Le tableau qui précède fait voir que la navigation entre la France et ses possessions se fait presque entièrement par navires français (2). Rien à dire au sujet de la grande pêche. Mais les chiffres de la navigation avec les pays d'Europe font naître de tristes réflexions. N'est-il pas regrettable que sur un fret disponible de 5,870,000 tonneaux à importer en France les navires français transportent 1,334,923 seulement, 22,7 $^0/_0$?

Dans le mouvement de la sortie, la part des navires français est plus forte que dans le mouvement de l'entrée. Tandis que, dans les chargements d'arrivée, notre pavillon couvre à peine $^1/_3$ des marchandises transportables, il prend à la sortie près de $^1/_2$ du fret.

Le mouvement des constructions navales ne semble pas avoir été très-actif en 1877. En consultant, dit l'*Économiste français*, le tableau des marchandises nécessaires aux chantiers maritimes et qui ont été importées en vertu de la loi du 19 mai 1866 et du décret du 8 juin suivant, nous trouvons qu'il accuse, en 1877, une forte diminution dans les applications des ferrailles, de la fonte brute et des fers; 1877 n'en n'a utilisé que 905,125 kil. dans les constructions navales, au lieu de 2,404,075 kil. qui avaient été employés en 1876.

L'importation des appareils complets à vapeur se chiffre par 822,630 kil.

(1) *L'Économiste français.*

(2) L'indépendance commerciale et maritime de nos colonies a été proclamée par la loi du 3 juillet 1861 et le sénatus-consulte du 4 juillet 1866.

en 1877 au lieu de 897,658 kil. de l'année précédente. Par contre, l'importation des voiles de navires confectionnées a atteint 2,555 kil. lesquels ont reçu une application immédiate, tandis qu'elle n'avait porté en 1876 que sur 1,644 kil.

La francisation a été demandée en 1877 pour 34 navires en bois jaugeant 3,706 tonneaux et pour 16 navires en fer jaugeant 9,600 tonneaux. Elle avait été réclamée, en 1876, pour 45 navires en bois jaugeant 8,231 tonneaux et pour 11 navires en fer jaugeant 7713 tonneaux.

Paquebots transatlantiques. — Les paquebots transatlantiques ont largement accru leurs dimensions. Que de progrès réunis depuis que Colomb a franchi pour la première fois l'Océan sur une caravelle de 100 tonneaux !

Le premier paquebot à vapeur qui fut expédié de Liverpool, le 16 mai 1840, pour l'Amérique, par M. Cunard, portait 25 passagers. Le 4 juillet suivant, la *Britannia* lui succède emportant 63 passagers : sa jauge était de 1200 tonneaux, à peu près celles des charbonniers actuels. La ligne Cunard eut successivement des navires de 1800,2200 puis de 3000 tonneaux comme la *Persia*, navires en bois, enfin, en 1862, la *Scotia* qui était en fer.

L'Amérique eut les steamers célèbres de Vanderbilt qui cessèrent leur service pendant la guerre de sécession.

En France, c'est en 1862 que se constitue la Cie transatlantique. Son 1er départ eut lieu le 15 juin 1864 avec le *Washington*. Cette compagnie n'a plus que des vapeurs à hélice. Voici les dimensions de ses derniers modèles :

		Dernier type (*France*).
Longueur	105,00 m/m	120,00 m/m
Largeur	13,30 —	13,40 —
Creux	8,50 —	10,50 —
Tirant d'eau	6,80 —	7,40 —

Par les derniers accroissements indiqués dans ce tableau, le chargement s'est trouvé gagner considérablement en poids et en volume, tandis que la surface immergée de la maîtresse section, élément dominant dans l'expression de la résistance du navire, ne s'est accrue que de 13 %. Les grands navires transatlantiques français peuvent porter 600 passagers d'entrepont à l'aller et ramener au retour 3000 tonnes de marchandises. La *France* avec ses 6 à 7000 tonneaux de déplacement dépasse encore ces résultats avec une vitesse sur l'Océan de 25 kilomètres à l'heure.

On ne compte pas moins aujourd'hui de 21 lignes de paquebots entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Elles représentent une flotte de plus de 230 bâtiments. D'autres lignes sillonnent le Pacifique et vont de San-Francisco à Yokohama en 22 jours et relient les lignes transatlantiques avec les lignes des *Messageries maritimes* et de la *Compagnie péninsulaire* qui vont par Suez.

La compagnie des *Messageries maritimes* dessert le bassin de la Méditerranée l'Inde, la Chine, le Japon, la Plata et le Brésil. La compagnie des *Chargeurs réunis* dirige aussi ses navires sur ces deux derniers pays.

Diverses lignes partant de Panama relient les transatlantiques français avec l'Amérique occidentale, tandis que d'autres s'y rendent directement par le détroit de Magellan après avoir touché à la Plata.

Navigation fluviale.— Les voies navigables, fleuves, rivières et canaux avaient, en France, au 31 décembre 1875, un développement total de 10,383 kilomètres.

Pendant l'année 1875 elles ont transporté 1,721,070,945 tonnes de marchan-

dises à la distance réduite de 1 kilomètre, mouvement supérieur à celui des années antérieures (1).

La batellerie a perçu pour ces transports de $0^f,025$ à $0^f,03$ par tonne et par kilomètre.

Les droits de navigation fixés à $0^f,001$ et $0^f,002$ pour les marchandises de 2e classe, à $0^f,002$ et $0^f,005$ pour celles de 1re ont grevé les transports seulement de 4,177,940 fr.

Si les 1721 millions de tonnes de marchandises qui ont suivi les voies navigables avaient dû emprunter les voies ferrées, les frais auraient augmenté d'environ 56 millions de francs.

Les dépenses d'entretien des voies navigables, en 1875, représentent environ $0^f,0056$ par tonne kilométrique.

La France, dit M. Sadi-Carnot est géographiquement destinée à monopoliser le transit des marchandises de la Méditerranée et de l'Orient, « Elle se prête « admirablement à l'établissement des lignes navigables. Ses vallées semblent « ouvertes pour appeler le commerce de la Méditerranée vers le Golfe de Gas- « cogne, la Manche et la Mer du Nord; et la plus grande partie du transit de « l'Orient restera acquis à notre pays quand le réseau et l'outillage de nos voies « navigables auront reçu les améliorations nécessaires. »

(1) Rapport de M. Sadi-Carnot sur le budget de l'exercice 1878.

MARINE ET CONSTRUCTIONS NAVALES

DEUXIÈME PARTIE

MACHINES MARINES

PAR

M. GALTIGNY, INGÉNIEUR

AVANT-PROPOS. — HISTORIQUE SOMMAIRE

Avant de décrire les appareils marins qui ont trouvé place dans les galeries de l'Exposition, et qui sont comme l'expression des derniers perfectionnements réalisés, nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt de jeter un coup d'œil rapide, sur les divers types qui se sont succédé et d'en analyser brièvement les qualités et les défauts. Cette revue n'a pas qu'un intérêt purement historique; mieux que toute description, elle met en évidence la valeur des constructions modernes, qui ressort de la comparaison en traits plus nets et plus précis.

Du reste, nous ne nous attarderons pas à la description de types surannés, voulant nous attacher surtout aux constructions les plus récentes qui présentent un intérêt bien plus puissant, celui de l'actualité.

Après les essais multipliés, mais restés infructueux, d'un grand nombre d'inventeurs, Fulton le premier, trouva en 1807, le moyen pratique d'appliquer la puissance motrice de la vapeur d'eau à la propulsion des navires. Son bateau, d'une jauge de 150 à 200 tonneaux, pourvu d'une machine à aubes, réalisa une vitesse de 4 à 5 nœuds. Telle fut l'origine véritable des navires à vapeur, qui de l'Amérique où ils reçurent leurs premières applications furent introduits en Angleterre en 1812 et en France quelques années plus tard.

La navigation à vapeur, timide à ses débuts, limitée au service des fleuves et des côtes, ne tarda pas à affronter la haute mer (1819) et depuis cette époque, devenue un des moyens les plus puissants et les plus essentiels d'échange et de communication entre les peuples, elle n'a cessé de prendre un développement chaque jour plus considérable.

Les premiers navires à vapeur étaient à roues, et leurs appareils moteurs, imités des machines de Wath étaient à balancier. Les chaudières du système dit à tombeau ne fonctionnaient qu'à une pression à peine supérieure à la pression atmosphérique. Elles ne tardèrent pas à faire place aux chaudières tubulaires capables de supporter des pressions plus élevées.

Puis vinrent les machines plus légères à cylindres oscillants dues à Cavé, et les machines à action directe avec cylindres verticaux ou inclinés.

Mais déjà le propulseur hélicoïdal, proposé par Delisle dès 1823, essayé sans succès en 1832 par Sauvage est devenu d'un emploi pratique (1836).

Jusqu'en 1850 les constructeurs hésitent à donner à leurs machines les allures rapides qu'exige le nouveau propulseur et qu'ils obtiennent par l'intermédiaire d'engrenages. Seul, Cavé qui a l'apanage des innovations hardies, construit la première machine à bielle renversée, celle de la Pomone, sur laquelle malheureusement des défauts de construction jettent une défaveur qui s'étend au système lui-même.

On s'en tient donc aux machines à engrenages et c'est à ce type qu'appartient

la première machine puissante, construite à Indret par M. Moll. Cette machine est placée à bord du vaisseau le Napoléon dont le succès éclatant, supérieur même aux prévisions de M. Dupuy-de-Lôme, l'éminent ingénieur qui l'avait conçue, assure pour un temps la prédominance à la marine française.

Mais on ne tarde pas à revenir aux machines à action directe. M. Mazeline en France, Mandslay en Angleterre adoptent en le perfectionnant le type des machines à bielle renversée, tandis que Peen imagine les machines à fourreau.

Ces systèmes deviennent pour ainsi dire classiques, et pendant une dizaine d'années ne reçoivent que des modifications de détail. Cependant les appareils évaporatoires s'améliorent de leur côté ; le type reste le même, chaudières à parois plates à foyer intérieur et tubes en retour; mais les proportions des diverses parties sont mieux combinées et le rendement des appareils augmente. En même temps les procédés matériels d'exécution se perfectionnent et la pression peut être élevée progressivement jusqu'à $1^k,80$.

Nous arrivons aux dernières transformations qu'ont reçues les appareils marins nous nous y arrêterons plus longuement, cherchant à en indiquer le but, énumérant les difficultés vaincues et constatant enfin les résultats remarquables auxquels ont permis d'atteindre les efforts persévérants des constructeurs.

Objet des derniers perfectionnements, considérations sur l'importance des économies de combustible. — Jusqu'ici, comme le montre l'historique qui précède, les perfectionnements avaient porté sur le mécanisme proprement dit, et sauf de très-rares exceptions, les machines se composaient toujours des mêmes éléments constitutifs.

Depuis le premier appareil de Fulton, jusqu'à celui d'une frégate cuirassée, toutes les machines, celles à hélice aussi bien que celles à roues, comportaient deux cylindres à moyenne ou à basse pression, deux condenseurs par injection, leurs pompes à air et leurs bâches; ce qui les différentie, c'est le groupement de ces organes, et la disposition des pièces qui transmettait à l'arbre moteur le mouvement des pistons.

Tout autres sont les perfectionnements des dernières années qui ont porté moins sur le mécanisme que sur le mode d'emploi lui-même de la vapeur. L'objectif principal n'est plus de trouver des simplifications dans les appareils, mais de diminuer la dépense de combustible. C'est qu'en effet l'économie dans le prix de revient de la force motrice est pour la navigation d'une importance capitale; les avantages qu'elle procure ne sauraient s'évaluer par comparaison avec les autres branches de l'industrie, et cela tient à cette circonstance que le navire doit emporter avec lui pour alimenter ses fourneaux une grande quantité de combustible, c'est-à-dire un poids mort considérable, perdu pour le chargement. La locomotive traîne bien aussi dans son tender un certain approvisionnement d'eau et de charbon, mais cet approvisionnement fréquemment renouvelé, est minime, et ne grève le convoi que d'un poids mort relativement faible. Tout autres sont les conditions du navire, dont les points de relâche ont souvent éloignés et qui doit emporter dans ses soutes pour 10, 15 et même 20 jours de charbon.

Il n'est pas sans intérêt de nous arrêter un instant sur ce point et d'examiner les conséquences des économies de combustible dans la navigation. Prenons-donc que deux bâtiments de même grandeur, ayant même armement, même équipage, affectés au même service, dont l'un soit pourvu d'une machine beaucoup plus économique que l'autre ; supposons par exemple qu'il puisse effectuer la traversée entre les 2 escales les plus éloignées avec 300 tonneaux de charbon tandis que le second en a besoin de 500; ces conditions n'ont rien d'exagéré et se sont fréquemment présentées dans la période de

transformation que nous venons de parcourir. Le premier navire portera 200 tonneaux de fret de plus que le second et en outre son chargement total sera transporté à meilleur compte que le chargement réduit de l'autre. De là un double bénéfice qui lui permettra de diminuer le prix du fret et d'accaparer le marché.

Si les conditions du trafic sont telles qu'il n'y ait pas lieu d'augmenter le tonnage disponible pour les marchandises, un navire muni d'un moteur économique sera de dimension plus faible qu'un navire de même tonnage ayant une machine dispendieuse ; il coûtera moins cher d'achat, il aura un équipage moins nombreux, des approvisionnements moins lourds, s'armera à meilleur compte et en outre il fera ses voyages à moins de frais.

Mêmes conséquences dans le domaine de la marine militaire, et par marine militaire nous entendons surtout le bâtiment de combat proprement dit, navire cuirassé ou croiseur, laissant de côté les bâtiments de transport qui, au point de vue spécial que nous envisageons, rentrent dans la catégorie des paquebots et des navires marchands.

On pourrait croire à priori que pour le navire de guerre, les économies de combustible sont chose secondaire; en temps de paix elles ne portent que sur des chiffres minimes, et en temps de guerre il serait futile de faire entrer en ligne de compte la dépense de quelques tonneaux de charbon en plus ou moins; mais la question est plus haute : le navire muni d'une machine économique aura toutes choses égales d'ailleurs, l'avantage sur celui dont la machine sera moins parfaite; dans les mêmes conditions d'armement il restera plus longtemps à la mer sans revenir au port pour se ravitailler, son rayon d'action sera augmenté, et c'est là un élément important de puissance militaire; s'il s'agit de navires, tels que les garde-côtes, appelés par leur destination même à rester à proximité des ports, ils pourront avec une machine perfectionnée, être armés d'une artillerie plus puissante, être défendus d'une cuirasse plus épaisse, sans recevoir aucun accroissement de déplacement et par conséquent sans rien perdre de leurs qualités de manœuvre.

Ainsi, de quelque côté qu'on envisage la question, au point de vue, commercial aussi bien qu'au point de vue militaire, on arrive à cette conclusion : un avantage, et un avantage considérable est acquis à celui qui sait construire des machines économiques.

Quand le prix de la lutte est d'une telle importance, surtout en présence du développement chaque jour plus étendu des relations commerciales, il ne faut donc pas s'étonner si tous les efforts des constructeurs convergent vers ce but.

Depuis 15 ans les progrès réalisés ont été immenses; ils ont réduit de moitié la consommation de combustible, et en même temps ils ont eu pour effet de diminuer d'un quart environ le poids des appareils, dont la légèreté relative présente des avantages de même ordre que les économies de charbon. Ce résultat a été atteint par une augmentation dans la rapidité d'allure des machines, par l'adoption des condenseurs tubulaires, et enfin par l'emploi de machines à haute pression du système Woolf ou Compound. Examinons-donc avec quelques détails ces divers points dont l'étude formera l'historique des derniers perfectionnements apportés aux machines marines.

Augmentation de la rapidité d'allure des machines. — Cette augmentation a deux effets distincts : elle diminue l'importance relative des pertes de chaleur dues au rayonnement extérieur et elle amoindrit l'effet des condensations causées par les refroidissements intérieurs.

En ce qui concerne le rayonnement extérieur, on peut admettre que dans une machine, dont les cylindres sont convenablement revêtus d'enveloppes non con-

ductrices, la perte de calorique qu'il occasionne reste à peu près constante dans un temps donné, quel que soit le nombre de révolutions de l'appareil; mais la puissance développée par la machine dans ce même temps est proportionnelle au nombre de tours, et par conséquent la perte de puissance due au rayonnement est relativement moindre lorsque l'allure est rapide.

L'effet est beaucoup plus sensible si on considère les refroidissements intérieurs. Nous n'essaierons pas de faire l'analyse complète de tous les phénomènes de ce genre qui se produisent dans un cylindre de machine à vapeur, et nous nous bornerons à en donner une idée générale.

Les parois intérieures d'un cylindre sont soumises à chaque coup de piston à des alternatives diverses de température, se réchauffant dans la période d'admission et se refroidissant dans la période d'évacuation au condenseur. Pendant l'admission, la vapeur qui afflue dans une capacité relativement froide, réchauffe les surfaces en abandonnant une partie de sa chaleur latente, et il se dépose une certaine quantité d'eau sur les parois. Pendant l'évacuation, cette eau se trouvant dans un milieu où règne une très-faible pression, se vaporise de nouveau en prenant la chaleur nécessaire aux parois mêmes du cylindre et des pistons. A chaque révolution de la machine il y a donc une certaine quantité de vapeur qui passe dans le cylindre sans produire d'effet utile : elle se condense à l'arrivée et se vaporise uniquement pour en sortir, sans que les diagrammes d'indicateur accusent sa présence. Dans les machines à introduction réduite, il arrive qu'une certaine quantité de la vapeur condensée pendant l'admission, se régénère dans la période de détente, et produit du travail pendant une partie plus ou moins étendue de la course. Dans ces machines les courbes d'indicateur accusent plus de vapeur sensible pendant la détente qu'à la fin de l'introduction, mais l'effet principal n'en subsiste pas moins.

Cela posé, remarquons que la surface intérieure du cylindre doit toujours se trouver en équilibre de température avec la vapeur; au fur à mesure qu'elle transmet de son calorique aux couches de métal plus profondes, elle en reçoit une quantité égale de la vapeur elle-même. Or la transmission du calorique au travers du métal n'est pas instantanée, elle exige un certain temps; il en résulte que si la vapeur contenue dans une cylindrée reste moins longtemps en contact avec les surfaces c'est-à-dire si la machine tourne plus vite, la chaleur se transmettra sur une épaisseur et partant sur un poids de métal moins considérable; il faudra moins de vapeur condensée pour maintenir la surface intérieure à la température voulue, et il restera plus de vapeur sensible, c'est-à-dire plus de vapeur travaillante. Notons aussi que pendant l'évacuation au condenseur, le cylindre se trouve en communication avec des espaces relativement froids et perd par rayonnement une certaine quantité de chaleur, d'autant plus considérable que la vitesse est moindre.

Les économies de combustible dues à l'augmentation de vitesse n'ont pas fait, que nous sachions, l'objet d'expériences spéciales. Celles qui ont été exécutées dans un autre but par M. Rech (1) ont paru démontrer que les condensations intérieures restent constantes dans l'unité de temps quelle que soit l'allure de la machine; ces économies se manifestent avec évidence dans les essais exécutés sur une seule et même machine lorsqu'on fait varier la puissance développée et par suite le nombre de tours. (Il s'agit d'une machine marine où ces deux éléments sont toujours liés l'un à l'autre.) Dans ce cas la consommation par cheval et par heure augmente toujours quand la machine développe moins

(1) Audenet. — De la consommation de combustible dans les machines marines, p. 37 et suivantes.

de force, c'est-à-dire tourne moins vite. Cependant l'excès de dépense dans les allures lentes n'est pas tout entier attribuable à l'augmentation des condensations intérieures ; la régulation des tiroirs est généralement moins favorable à la bonne utilisation de la vapeur et toutes les causes de perte, comme les rentrées d'air, prennent une importance relative plus considérable.

Notons enfin que l'augmentation de la rapidité d'allure des machines, n'a pas pour unique effet de diminuer la consommation de combustible ; elle a encore pour conséquence directe de réduire le poids des appareils.

Ces avantages sont achetés par des inconvénients d'un autre genre. Les pièces mobiles glissent plus rapidement les unes sur les autres, les forces d'inertie s'accroissent, les échauffements, les grippements, les chocs sont plus à redouter. Il y a donc une limite à cet accroissement de vitesse, laquelle est fonction de la perfection d'ajustage des pièces. Aussi voyons-nous l'allure des machines augmenter à mesure que les procédés de construction se perfectionnent. Dans les premières machines à roues, la vitesse moyenne du piston n'atteignait pas 1^m par seconde, elle a été progressivement augmentée jusqu'à 2^m. De même pour les machines à hélice ; les premières qui, comme on l'a vu, étaient à engrenages, n'avaient qu'une vitesse de piston à peine supérieure à 1^m, on n'hésite pas aujourd'hui à la porter à 2^m 50 et même 2^m 80. Dans certaines machines spéciales, dont la légèreté est une condition essentielle, on dépasse 4^m.

Condenseurs tubulaires. — On sait que, lorsque les chaudières marines sont alimentées avec de l'eau de mer, il est nécessaire de rejeter au-dehors une partie de l'eau introduite pour ne pas accumuler à l'intérieur les sels qu'elle tient en dissolution. Dans un régime permanent, on envoie donc à la chaudière plus d'eau que n'en exige la production de vapeur et en même temps on en extrait une certaine quantité, qui en principe doit renfermer la totalité des sels introduits par l'alimentation. L'expérience a démontré que pour maintenir les surfaces de chauffe en bon état de propreté il fallait extraire environ le tiers de la quantité totale de l'eau d'alimentation. Il en résulte une perte de calorique qui théoriquement est égale à 7 0/0 environ. Mais en réalité la perte provenant de l'alimentation à l'eau de mer est plus considérable parce que tous les sels ne sont pas expulsés par les extractions ; quelques-uns d'entre eux, le sulfate de chaux par exemple, se déposent quand même dès leur entrée dans la chaudière dont ils diminuent la puissance et le rendement.

Il y a donc avantage marqué à alimenter les chaudières avec de l'eau exempte de sels et par conséquent, pour les appareils marins, à recueillir à l'état d'eau douce la vapeur qui a travaillé dans les cylindres. Tel est l'objet des condenseurs à surface qui, après des vicissitudes diverses, ont fini il y a une douzaine d'années par entrer dans le domaine de la pratique et sont aujourd'hui universellement employés.

Ces appareils ont donné lieu à des économies bien supérieures aux prévisions, déduites des considérations ci-dessus : les comparaisons faites à bord de plusieurs navires qui ont reçu après coup des condenseurs tubulaires sans autre modification dans leurs appareils, font ressortir l'économie de charbon à 15 0/0 au moins. L'énorme différence entre ce chiffre et le chiffre théorique ne saurait s'expliquer par la seule absence de dépôts salins dans les chaudières ; elle tient aussi à ce fait, qui peut-être n'a pas été assez remarqué, que les condenseurs tubulaires donnent un vide moins imparfait que les condenseurs par mélange ; tandis que ces derniers, dans lesquels on faisait entrer avec l'eau d'injection une notable quantité d'air, ne donnaient qu'à grand'peine un vide mesuré par une colonne barométrique de 65 centimètres, on obtient sans difficulté dans les condenseurs tubulaires des vides de 70, 71 et même 72 c/m, qui correspondent à une notable augmentation de puissance. Ainsi pour une

machine dont l'ordonnée moyenne est de 1 kil. 3, l'accroissement est de 6 0/0 environ.

Sans nous appesantir sur les dispositions pratiques des condenseurs tubulaires, nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt d'en dire quelques mots.

Dans le principe, quand on n'était pas en possession d'un moyen commode de nettoyer le condenseur et d'enlever les graisses qu'y amène la vapeur, beaucoup de constructeurs faisaient condenser la vapeur à l'intérieur des tubes. Il suffisait de démonter la partie du tuyau d'émission attenante au condenseur pour rendre accessible l'intérieur des tubes; mais le joint de ce tuyau sur la caisse à tubes présentait un grand développement et était difficile à rendre étanche à l'air. Aujourd'hui on donne la préférence aux condenseurs avec condensation à l'extérieur des tubes, qui présentent sur les premiers des avantages de plusieurs sortes; pour un même encombrement, la vapeur d'émission trouve un espace plus volumineux pour se détendre, et elle s'y condense plus facilement; le volume réservé à l'eau de circulation, et par suite le poids de cette eau, y sont moindres, enfin ils ne présentent plus de joint d'une exécution délicate. Quant à la tenue des tubes sur les plaques de tête, elle se fait de diverses manières parmi lesquelles nous citerons les trois suivantes qui sont les plus usitées. Dans la première, l'étanchéité est obtenue au moyen d'une plaque de caoutchouc commune à tout un faisceau et comprimée par une contre-plaque; dans la deuxième, chaque tube traverse les plaques dans une petite boîte à étoupes dont la garniture est faite soit en coton, soit en chanvre, soit mieux en caoutchouc; dans la troisième, la boîte à étoupes est purement et simplement remplacée par une bague en bois comprimé.

La première des dispositions est simple, mais rend les réparations difficiles, car il est rare qu'on puisse changer un tube avarié sans déchirer le caoutchouc; la seconde qui est la plus généralement employée est sûre, mais elle a l'inconvénient d'être un peu compliquée d'exécution. Enfin la troisième est d'une application facile et jusqu'à présent elle paraît donner une étanchéité très-satisfaisante.

Si ces bons résultats sont confirmés par la suite, elle sera probablemement adoptée de préférence aux autres.

La surface refroidissante des condenseurs tubulaires a d'abord varié dans des limites assez étendues, suivant le point de vue qu'envisageaient les constructeurs. Les uns ayant pour objectif, moins d'obtenir un bon vide que de recueillir l'eau de condensation, ne donnaient aux conducteurs que de faibles proportions. D'autres au contraire, attachant une importance prédominante à la perfection

	NOM DU CONSTRUCTEUR.	SURFACE des condenseurs.	RAPPORT à la surface de grille.
Actif	Scott	55m²,55	10,21
Chacel. 1re machine. / 2e machine.	Foyers échantillons.	49 ,53	8,82
Meï-Kong	Four	52 ,60	16,4
Irasuaddy	Messageries maritimes	748,0	22,00
	Messageries maritimes.	570	21,2
Sané		346	14,17
Mengaleh	Indret	323	19,3
Kœnig Wilhens	Messageries maritimes.	1602	12,85
Tonquin	Foyer et chantier	548	16,8

du vide, leur attribuaient de grandes surfaces pour leur conserver une grande puissance de condensation malgré la présence des dépôts graisseux après un fonctionnement prolongé.

Actuellement on donne aux condenseurs tubulaires une surface égale à 16 fois environ la surface de grille.

Le tableau ci-dessous donne les proportions de quelques-uns de ces appareils.

Dans les premiers condenseurs, l'eau refroidissante était envoyée dans la caisse à tubes par des pompes alternatives, engins qui par leur nature même sont mal appropriés au travail à effectuer. Il s'agit en effet de faire circuler une grande quantité d'eau, n'ayant d'autre résistance à vaincre que celle occasionnée par le frottement dans les tubes et les conduits, et qui est d'environ une demi-atmosphère; aussi ces pompes ont-elles généralement un fonctionnement peu satisfaisant. Les grandes masses d'eau aspirées et refoulées à chaque coup de piston occasionnent des chocs intenses que l'addition de soupapes atmosphériques sur les conduits d'aspiration, et de réservoirs à air échelonnés tout le long du parcours ne parvient qu'à atténuer. Le véritable appareil de circulation est la turbine ou pompe centrifuge actionnée par une machine auxiliaire; c'est celui qui est employé actuellement, excepté toutefois dans les très-petites machines, auxquelles on ne saurait raisonnablement ajouter un moteur auxiliaire, et pour lesquelles d'ailleurs les inconvénients des pompes alternatives sont beaucoup moindres.

On compte qu'il faut un poids d'eau de circulation égale à 14 fois au moins le poids de vapeur à condenser, mais le plus souvent on dépasse notablement ce chiffre. Dans la plupart des machines de construction récente, la quantité d'eau par heure et par mètre carré de surface de grille est environ de 45,000 litres, c'est-à-dire à peu près 56 fois le poids de vapeur à condenser (supposé égal à 800^k par mètre carré de surface de grille et par heure).

A peine en possession des condenseurs tubulaires d'une construction pratique et d'un fonctionnement assuré, les mécaniciens et les constructeurs se sont trouvés aux prises avec des difficultés imprévues résultant de l'accumulation progressive des graisses dans l'appareil.

Les matières lubrifiantes ayant servi au graissage de tiroirs et des pistons se déposent en effet dans les condenseurs et dans les chaudières, diminuant la puissance des premiers et occasionnant dans celles-ci les avaries les plus graves. Sous l'influence de la chaleur les graisses se décomposent en partie et rendent acides les eaux d'alimentation; de là une usure extrêmement rapide des chaudières portant principalement sur les rivets et les entretoises. Après des tâtonnements divers, voici quel est actuellement l'ensemble des moyens préventifs qui servent à combattre la détérioration des chaudières; ils peuvent être considérés comme étant d'une efficacité certaine.

1° En première ligne il faut placer la réduction du graissage au strict minimum. Dans ce but, aux anciens appareils de graissage qui déversaient dans les cylindres les matières lubrifiantes abondamment et par intermittence, on a substitué des appareils plus perfectionnés qui donnent un graissage continu en dosant quantité d'huile envoyée. Tel est l'objet du graisseur Courbebaisse et Penelle, du graisseur Consolin et d'autres encore dont nous trouverons sans doute des spécimens dans les galeries de l'Exposition.

2° Viennent ensuite l'étamage des tubes du condenseur et parfois même du tuyautage d'alimentation. Il a pour but d'empêcher la formation de sels de cuivre qui sont considérés comme une cause très-puissante d'oxydation des chaudières.

3° La neutralisation des acides gras par des bases puissantes, la soude ou la chaux. Celle-ci n'est encore qu'à l'état d'essai et les bons résultats qu'elle a donnés ont besoin d'être confirmés par la pratique; elle produit des dépôts blancs

granuleux, faciles à enlever, tandis que la soude produit des masses compactes d'un savon de couleur noirâtre; mais il n'est pas sûr qu'elle est la même efficacité et qu'elle ne présente pas des inconvénients d'autres sortes.

4° L'introduction dans la chaudière d'un métal plus oxydable que le fer, le zinc.

5° Enfin lorsqu'une chaudière est neuve, le fonctionnement un peu prolongé à l'eau de mer, ayant pour but de faire déposer sur les surfaces de chauffe une mince couche de sels protectrice.

Les nettoyages des condenseurs tubulaires, dont la fréquence se trouve d'ailleurs considérablement diminuée par la réduction du graissage, se font soit par des lavages prolongés un ou deux jours avec une lessive de soude bouillante, soit par un simple jet de vapeur.

Machine du système Woolf ou Compound. — Les machines du système Woolf ou Compound, dans lesquelles la vapeur se détend successivement dans un ou plusieurs cylindres, ont pour effet de diminuer les condensations intérieures et elles permettent de pousser plus loin la détente de la vapeur sans qu'il en résulte des pertes de calorique trop considérables.

Les expériences de M. Rech rappelées ci-dessus et contrôlées depuis par quelques autres, ont montré que dans une machine donnée, les condensations intérieures sont proportionnelles à la différence de température et la capacité qui fournit la vapeur au cylindre et la capacité où elle s'évacue. Lorsque le travail s'effectue successivement dans plusieurs cylindres, chacun d'eux se trouve soumis à des écarts de température moindres, et d'après la loi ci-dessus, les condensations y sont moins considérables. Dans un régime permanent, les condensations dans les deux cylindres ne s'ajoutent pas pour constituer la perte totale, la vapeur qui se condense à son entrée dans le petit cylindre, se régénère pendant l'évacuation et elle entre encore dans le grand cylindre à l'état de vapeur. Il y a donc bénéfice, mais ce bénéfice n'est pas aussi grand que cette analyse sommaire tendrait à le faire supposer, parce que les condensations ne dépendent pas uniquement des différences de température, mais aussi de la surface des cylindres. Si on compare à ce point de vue deux machines, l'une simple, l'autre composée, dépensant la même quantité de vapeur avec la même détente, on sait que la seconde présente sur la première un excès de surface représenté précisément par le petit cylindre. De ce chef il y a donc une certaine perte relative. Il faut y ajouter celle qui provient du rayonnement par la surface des organes dont la machine simple est dépourvue, savoir le petit cylindre, sa boîte à tiroir et le réservoir dans lequel il évacue sa vapeur, mais toutes ces causes réunies n'ont qu'une influence minime, et l'emploi de la machine Woolf donne un bénéfice notable ainsi que l'expérience l'a démontré. M. Audenet dit en effet dans l'ouvrage que nous avons déjà cité, qu'en comparant les résultats fournis par 25 machines dont 9 qui étaient du système Woolf, il a trouvé que les chaudières de la marine militaire ont produit par foyer, suivant le genre de machine, les puissances indiquées ci-après.

Foyer type bas . . .	Machines simples.	67 chevaux.
	Machines Woolf.	88 —
Foyer type haut . .	Machines simples.	92 —
	Machines Woolf.	110 chevaux.

L'énorme accroissement de puissance accusé par les chiffres ci-dessus n'est peut-être pas entièrement attribuable au système Woolf; construites postérieurement aux autres, les machines de ce système ont dû recevoir des améliorations de détail dont l'effet n'est pas négligeable, mais même avec cette restriction les chiffres n'en restent pas moins très-concluants. D'après ce que nous avons dit des

condensations intérieures, la différence eût été encore plus marquée si la comparaison avait porté sur des machines à haute pression.

Les machines du système Woolf présentent un autre avantage, celui d'avoir un couple de rotation plus régulier, ce qui leur permet sans excès de fatigue pour les organes mobiles d'avoir une allure plus rapide.

La première application du système Woolf aux machines marines a été faite dès 1861, par M. Dupuy-de-Lôme, alors directeur du matériel au ministère de la marine. Les machines étaient à moyenne pression, à condensation par mélange et comportaient trois cylindres juxtaposés ayant même diamètre et même course de piston. La vapeur s'introduisait dans le cylindre central et se détendait dans les deux autres d'où elle était évacuée dans deux condenseurs. La machine du vaisseau le *Friedland*, que les visiteurs de la dernière exposition universelle à Paris ont pu voir fonctionner journellement, appartenait à ce type, adopté pour la plupart des appareils de la marine militaire.

Malgré leurs avantages, les machines Woolf n'ont pas eu tout d'abord la faveur des constructeurs. On leur reprochait d'être plus encombrantes que les machines ordinaires, et de présenter plus d'organes sujets à avaries. Elles n'ont été généralisées que plus tard, dans les machines à haute pression.

Machines à haute pression. — L'adoption de la haute pression dans les appareils marins a été longtemps retardée par le peu de sécurité que présentaient les condenseurs tubulaires pour un service prolongé et aussi par les difficultés de construction de chaudières puissantes; jusqu'à ces dernières années l'application n'en avait guère été faite qu'exceptionnellement et surtout à titre d'essai sur quelques canonnières et avisos de flottille. Les premiers appareils réellement pratiques, construits vers 1864 sont dus à MM. Randolp et Elder, de Glascow. En voici la description succincte : Ils étaient du système dit à pilon et comportaient deux cylindres Compound portés d'une part par la caisse à tubes du condenseur et d'autre part par des bâtis en fonte. La pompe à eau froide, la pompe à air et la pompe alimentaire placées verticalement en abord du condenseur recevaient leur mouvement de balanciers attelés par l'intermédiaire de bielles pendantes aux traverses des pistons.

Les chaudières étaient à enveloppes cylindriques avec foyers intérieurs cylindriques et tubes au retour. C'est encore le type usuel dont nous verrons des spécimens à l'Exposition.

Malgré des imperfections naturelles à une création nouvelle, ces machines ont donné une telle économie que tous les constructeurs les ont peu à peu adoptées avec des variantes diverses et qu'aujourd'hui les machines à haute pression sont les seules qui se construisent.

Nous voici arrivés aux appareils actuels, qui par la disposition des cylindres présentent un nombre assez grand de types différents; mais tous ont des points communs : ils emploient de la vapeur à la pression effective de 4 ou 5 kilog. par centimètre carré, ils sont du système Compound avec condenseur tubulaire.

Dans les navires de commerce, les machines sont à pilon et n'ont généralement que deux cylindres dont les deux manivelles sont clavetées à angle droit. Certains appareils puissants ont trois cylindres, un pour l'introduction et deux pour la détente; dans ce cas les manivelles de ces deux derniers sont calées à angle droit, et celle du premier est dirigée suivant la bissectrice de l'angle externe des deux autres.

Les tiroirs sont conduits par des coulisses Stephenson. Les cylindres sont portés d'un côté par le condenseur et de l'autre par des bâtis en fonte ou le plus souvent par des colonnes en fer. Dans les grandes machines, les pompes à air et alimentaires sont verticales et actionnées par des balanciers; dans les petites

elles sont généralement horizontales et reçoivent leur mouvement d'un bouton fixé sur le bout de l'arbre à vilebrequins.

Quelques appareils ont quatre cylindres; ils sont formés de deux machines Woolf, distinctes composées chacune d'un grand et d'un petit cylindre, celui-ci

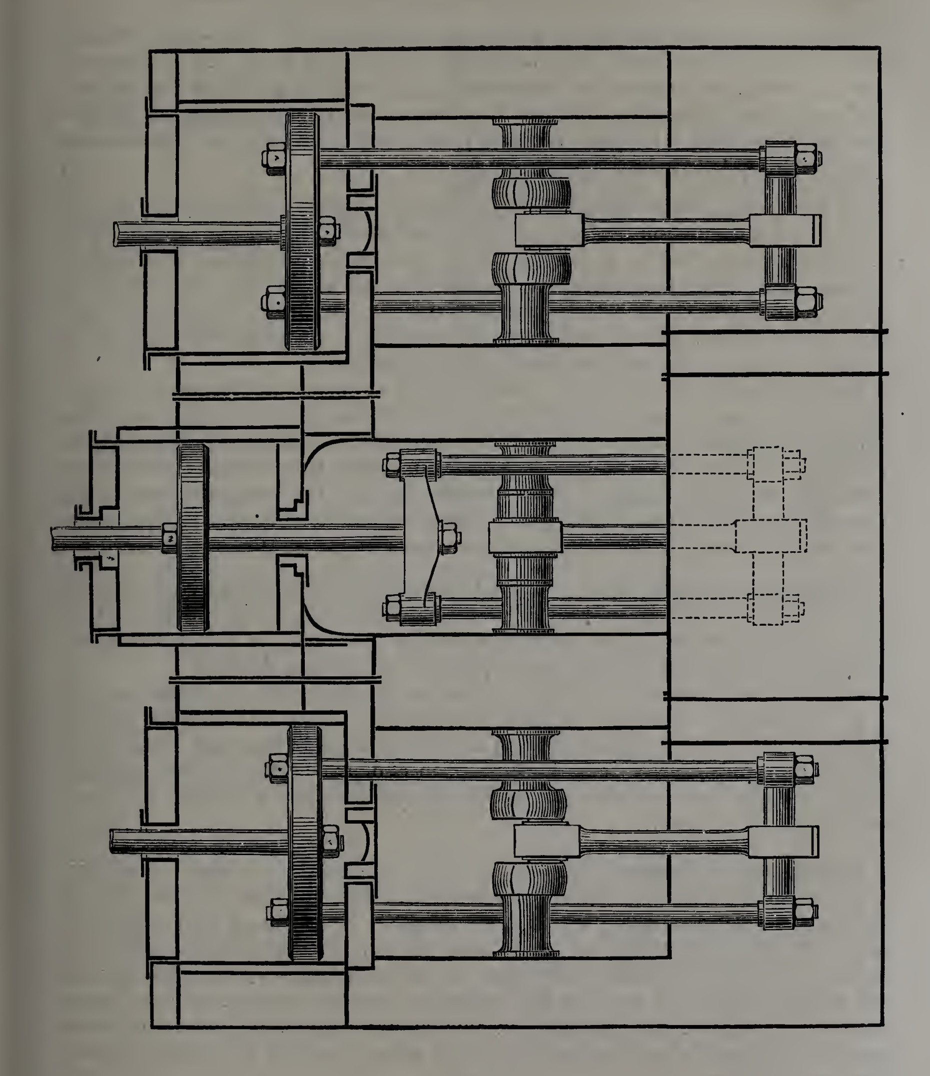


Fig. 1.

placé directement au-dessus du premier avec tige commune aux deux pistons. Cette disposition défectueuse à certains égards n'est pas adoptée en général pour les machines neuves, mais elle a permis de transformer à peu de frais les anciennes machines à moyenne pression en machines de haute pression.

Pour les appareils destinés aux bâtiments de guerre, on a généralement con-

servé le type de la machine à bielles renversées qui mieux que tout autre peut se loger en entier dans les cales, au-dessous de la flottaison. La disposition des cylindres offre des variétés nombreuses qui souvent ne sont que la conséquence des difficultés que présente l'installation de machines puissantes sur des navires relativement petits; nous en énumérerons un certain nombre :

1° *Machines à deux cylindres horizontaux juxtaposés.* — Les deux cylindres, l'un d'introduction, l'autre de détente sont placés d'un bord, avec tiroirs sur le côté, conduits par une coulisse Stéphenson. Le condenseur est de l'autre bord, au-dessus les glissières des pistons. La pompe à air est horizontale et conduite par une tige fixée à l'un des pistons, l'eau froide est envoyée généralement par une pompe centrifuge.

2° *Machine à trois cylindres horizontaux.* — Elles comprennent un petit cylindre d'introduction et deux cylindres de détente. On a quelque difficulté à fixer directement sur le piston les deux tiges qui le réunissent à la traverse milieu, tiges dont la position est commandée par le diamètre de l'arbre et la dimension des manivelles. On y arrive en donnant au piston milieu une course plus faible qu'aux pistons extrêmes; la réduction convenable du volume du cylindre entraîne une moindre diminution de diamètre.

Dans la machine du Seignelay, construite par la Société des forges et chantiers de la Méditerranée, on a adopté une autre solution : Le petit piston a une tige unique sur laquelle est fixée une traverse parallèle à la traverse qui porte les glissières. Ces deux traverses sont réunies par deux tiges et forment avec ces dernières une sorte de cadre incliné mobile, fig. 1. Ces machines ont le plus souvent deux condenseurs, un par cylindre de détente. Les tiroirs sont placés sur les cylindres avec changement de marche à engrenages.

3° *Machines à six cylindres,* — Elles comportent trois cylindres de détente dont les pistons portent les deux tiges ordinaires des machines à bielles renversées, et trois cylindres d'introduction placés en abord dans le prolongement des premiers. Les condenseurs sont généralement au nombre de deux.

A ce type appartient la machine du croiseur le *Duquesne* de 7,200 chevaux.

4° La machine également de 7,200 chevaux du croiseur le *Tourville*, dont les essais ont été si remarqués, est formée de deux groupes de machines comprenant chacun quatre cylindres, deux d'introduction et deux de détente. Cette machine a été construite par la Société des forges et chantiers, elle a imprimé au navire une vitesse de 17 nœuds.

Chaudières à haute pression. — Les chaudières du type usuel sont à grand volume d'eau avec foyers intérieurs et tubes en retour. L'enveloppe est le plus souvent cylindrique; les foyers également cylindriques sont formés de plusieurs viroles généralement au nombre de deux, réunies par des rebords en saillie; les boites à feu sont consolidées par des entretoises; les façades qui sont des sections droites du cylindre de l'enveloppe sont maintenues par des armatures en cornières, des goussets en tôle et des tirants. De plus, un certain nombre de tubes d'une épaisseur de 5 à 6 millim. servent de tirants entre les plaques tubulaires.

Nous donnons un tracé sommaire de quelques-uns de ces appareils.

La fig 2 représente une chaudière à six foyers opposés deux à deux; la chambre à feu est commune aux foyers dans le prolongement l'un de l'autre. Le même type existe avec boites à feu distinctes pour chacun des foyers; fig. 3, chaudière à trois foyers placés à la même hauteur; cette disposition est un peu plus commode pour la chauffe que la précédente, mais elle oblige à augmenter le dia-

mètre du corps cylindrique; fig. 4, chaudière à deux foyers. Aujourd'hui on semble préférer les chaudières à ce dernier type; on donne aux foyers un grand diamètre, pour que la combustion s'y fasse dans de bonnes conditions.

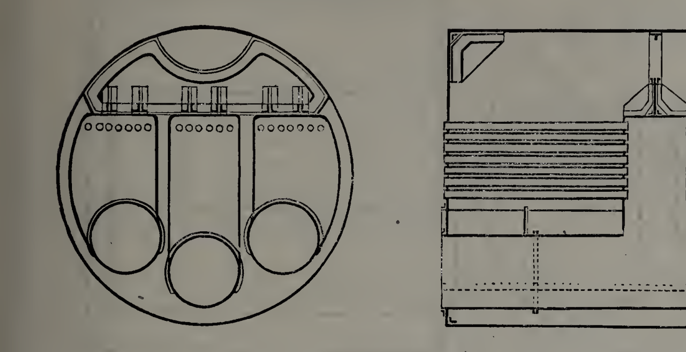


Fig. 2.

Quelques constructeurs, dans le but d'économiser la place, donnent à l'enveloppe une disposition différente; elle est formée de deux faces planes verticales réunies en haut et en bas par deux demi-cylindres fig. 5; les faces verticales sont consolidées par le travers des boites à feu au moyen d'entretoises et par le travers du faisceau tubulaire au moyen de tirants; les autres consolidations restant les mêmes que dans les types précédents.
Dans tous les cas, la boite à fumée est rapportée sur la façade antérieure, et

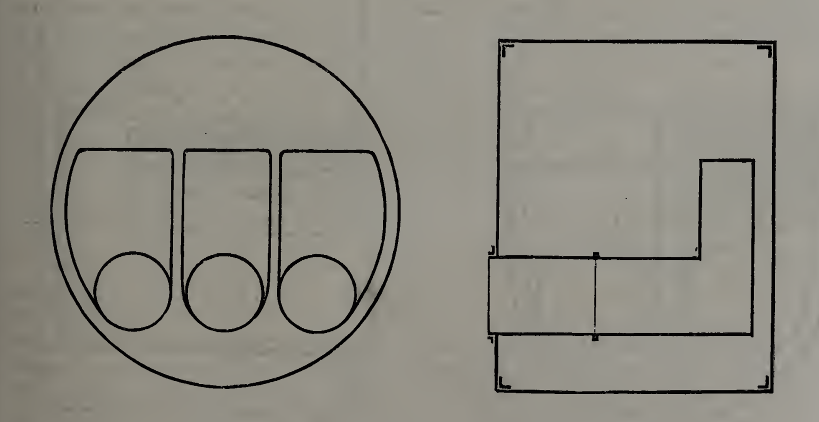


Fig. 3,

ne forme plus partie intégrante de la chaudière comme dans les appareils à moyenne pression. Ces chaudières sont loin d'être sans défaut; elles sont encombrantes, ont un poids considérable, et exigent la mise en œuvre de tôles d'une épaisseur inusitée dont le rivetage ne peut être exécuté sûrement que par des machines coûteuses. Un type préférable serait celui qui se composerait d'élé-

ments de faible dimension capables sous une faible épaisseur de résister à des pressions élevées, c'est-à-dire qui serait formé de tubes avec eau à l'intérieur, Mais jusqu'à présent on n'a pas encore trouvé, que nous sachions, de com-

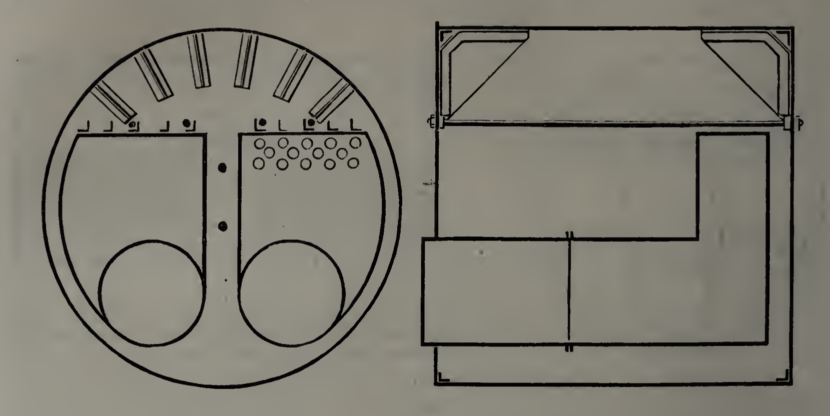


Fig. 4.

binaison entièrement satisfaisante, dont les qualités ne soient pas compensées et au-delà par les défauts. Un des plus graves réside dans la difficulté des nettoyages tant intérieurs qu'extérieurs. Pour le moment on s'en tient donc aux

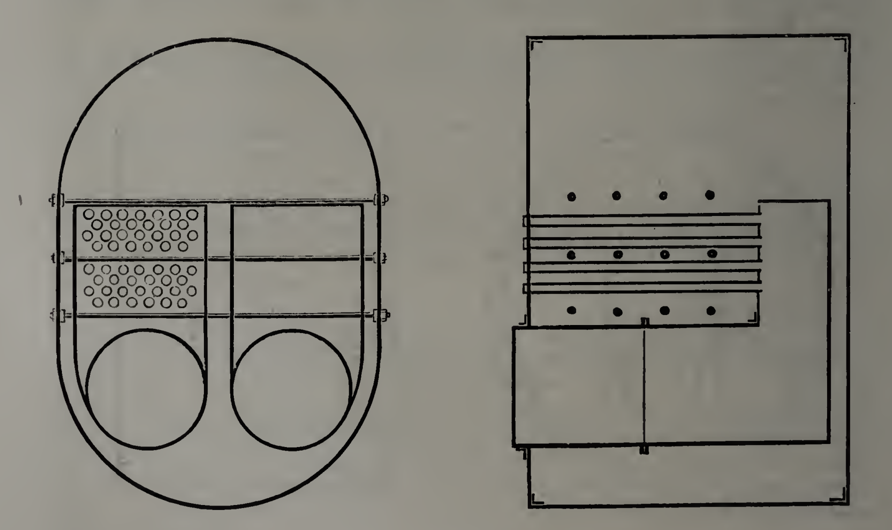


Fig. 5.

chaudières à grand volume d'eau qui ont du moins le mérite d'un fonctionnement assuré.

Résultats obtenus. — Nous venons de parcourir les divers échelons qui ont conduit des anciennes machines classiques à deux cylindres aux machines

modernes ; il nous reste à indiquer par quelques chiffres toute l'importance des perfectionnements réalisés, et à cet effet les résultats obtenus avec les machines de la marine militaire nous offrent des éléments de comparaison d'autant plus précieux que les essais sont toujours faits avec précision et autant que possible dans des conditions identiques,

Nous avons vu que les anciennes chaudières produisaient avec les machines à deux cylindres.

92 chevaux indiqués par foyer du type haut.

67 — — — bas.

Soit 50 chevaux environ par mètre carré de surface de la grille.

Aujourd'hui avec une légère augmentation de pression, il est vrai, (2^k,25 au lieu de 1^k,80), ces mêmes chaudières servant à alimenter des machines système Woof, à allure relativement rapide, à condenseur tubulaire, produisent :

150 chevaux par foyer du type haut.

109 — — — . bas.

Soit 81 chevaux par mètre carré de surface de grille ; c'est une augmentation de 61 p. 100. La consommation par cheval et par heure est tombée de 2 kil. environ à 1^k,15.

Les machines fonctionnant aux pressions de 4 et 5 kil. peuvent produire facilement 100 chevaux par mètre carré de surface de grille en dépensant moins de 0^k,900 de charbon par cheval et par heure.

On a pu juger par l'historique que nous venons de faire, que les perfectionnements ont porté principalement sur la machine proprement dite et que le rendement des chaudières n'a pas été sensiblement amélioré. Cependant de ce côté aussi il y a des bénéfices à réaliser. Les gaz chauds qui s'échappent de la chaudière dans la cheminée emportent environ 0,35 du calorique et ne produisent d'autre travail que celui exigé par le tirage. Pour utiliser ce calorique, il faudrait donc tout d'abord produire le tirage mécaniquement, problème qui peut être considéré comme parfaitement réalisable. Mais la grande difficulté provient du développement qu'il faudrait donner aux surfaces de chauffe. Ce progrès sera réalisé, nous ne le mettons pas en doute, et il viendra naturellement le jour où les chaudières à faible volume d'eau seront devenues usuelles.

Aujourd'hui les recherches sont dirigées d'un autre côté : Obtenir au moyen du tirage forcé, des chaudières pesantes actuellement en service, une production de vapeur plus abondante que celle donnée par le tirage naturel. Elles visent donc l'économie de poids et non l'économie de combustible. Mais ici nous empiétons sur l'avenir et nous nous garderons d'aller plus avant, tant nous craignons de rester au-dessous de ce qu'il nous réserve.

Machines d'embarcations. — Canots rapides — Les appareils moteurs des embarcations destinées au service des navires et des ports n'ont pas reçu de modifications importantes. Le type créé tout d'abord, machine à pilon à un seul cylindre fonctionnant à haute pression avec échappement dans la cheminée, réunit toutes les qualités de simplicité qui sont une des conditions essentielles de ce genre d'appareils. Nous avons à signaler cependant quelques systèmes nouveaux de chaudières et une disposition particulière du tuyau d'évacuation, qui supprime ou atténue le bruit de la vapeur d'échappement. Voici en deux mots en quoi elle consiste. Le tuyau d'évacuation aboutit à un réservoir d'une capacité proportionnée à la puissance de l'appareil ; de ce réservoir part le tuyau d'échappement proprement dit, qui à l'entrée dans la cheminée se bifurque en trois ou quatre petits tuyaux également répartis dans toute la section de la cheminée.

Dans les deux dernières années il a été créé un genre de canots entièrement

différents des types habituels et extrêmement remarquables non-seulement par leur vitesse qui atteint 18 nœuds, mais encore par tous les détails de leur construction. Nous voulons parler des canots rapides, connus sous le nom de bateaux *Thornycroft*, du nom de leur inventeur, ou encore de bateaux torpilleurs à cause de leur destination la plus fréquente. Bien que M. Thornycroft ait déjà construit et livré un assez grand nombre de ces canots et que d'autres constructeurs les aient imités avec succès, néanmoins ils ne sont guère connus que par quelques articles de journaux spéciaux. C'est là que nous avons puisé les renseignements suivants :

Les coques entièrement construites en acier se distinguent par leur très-grande légèreté et l'exiguité de leurs formes. La machine est du système Compound avec condenseur tubulaire. Là aussi on a réalisé une extrême légéreté en réduisaut au strict minimum la dimension des organes et donnant au piston une vitesse inusitée qui dépasse 4 mètres par seconde. La chaudière est du type des locomotives avec une surface de grille relativement considérable, elle fonctionne à la pression des locomotives, neuf à dix atmosphères. Le tirage forcé qui ne peut plus être produit par la vapeur d'échappement s'obtient de la manière suivante : la chaudière est enfermée dans un compartiment entièrement clos dans lequel on chasse de l'air au moyen d'un ventilateur. Grâce à cet ensemble de dispositions, on arrive à obtenir des appareils qui ne pèsent pas plus de 45 kil. par cheval, eau de la chaudière comprise. On peut dès lors placer sur une coque de faible dimension des machines extrêmement puissantes et lui faire réaliser sans conteste pendant plusieurs heures consécutives des vitesses de 17 et 18 nœuds.

Machines auxiliaires. — Servo-moteur. — La revue que nous venons de passer des derniers progrès réalisés dans les appareils marins, ne serait pas complète si nous passions sous silence les moteurs auxiliaires dont les applications sont chaque jour plus étendues.

Depuis longtemps déjà l'emploi des treuils à vapeur pour la manutention des colis était de règle à bord des paquebots, des navires de commerce et des transports des marines militaires. Quand on a dû augmenter les dimensions des navires pour faire face au développement du commerce et diminuer aussi les frais d'exploitation, on a été conduit à étendre l'emploi des moteurs auxiliaires ; aujourd'hui ce sont eux qui lèvent les ancres, actionnent les pompes, montent les escarbilles, font mouvoir les gouvernails, lèvent les filets dépêche, actionnent les appareils de changement de marche des machines puissantes, et à bord des navires de guerre manœuvrent l'artillerie, etc., si bien qu'on peut dire sans être taxé d'exagération qu'ils exécutent toutes les manœuvres de force. Presque tous présentent des particularités intéressantes, mais un certain nombre d'entre eux, les servo-moteurs, méritent une attention toute particulière.

Les manœuvres qui exigent de la précision, celles par exemple qui concernent le gouvernail et l'artillerie, ne sauraient être exécutées au moyen d'un moteur ordinaire qu'il serait presque impossible, même avec l'attention la plus soutenue, de stopper juste au moment opportun. Pour celles-ci, on emploie la machine connue sous le nom de servo-moteur, qui grâce à une combinaison mécanique des plus simples et des plus ingénieuses, exécute avec précision des mouvements d'amplitude variée à la volonté du conducteur.

Pour être mieux compris prenons comme exemple la manœuvre d'un gouvernail ; le timonier a sous sa main un volant de manœuvre léger dont il se sert comme d'une roue actionnant directement la barre. Mais il n'a plus d'effort à exercer, il n'agit que sur le tiroir du servo-moteur. La machine, sans qu'il ait en aucune façon besoin de s'en occuper, suit docilement tous les mouvements de la roue, marchant avec elle soit d'un côté, soit de l'autre, s'arrêtant avec elle,

reprenant sa marche quand elle se remet en mouvement, précipitant son allure quand elle-même tourne très-vite, allant doucement quand ses déplacements sont lents. C'est donc bien dans toute la force du terme un moteur asservi, comme l'appelle M. Farcot, un *moteur esclave*. Le mérite de l'invention revient à M. Farcot, constructeur à Saint-Ouen, et à M. Duclos, constructeur à Marseille, qui tous deux l'ont conçue simultanément et l'ont réalisée par des voies différentes.

Quant aux dispositions mécaniques de ces machiues, nous les décrirons plus tard quand nous les rencontrerons dans les galeries de l'Exposition, où nous avons hâte de nous rendre avec le lecteur.

AÉROSTATION

CONSTRUCTION, DESCRIPTION ET DIRECTION DES BALLONS

PAR M. MIRET

SOMMAIRE.

I. Aérostats et aéronautes : Les montgolfières, Étienne et Joseph Montgolfier. — Pilâtre des Roziers et le Marquis d'Arlandes. — L'hydrogène est substitué à l'air chaud, Charles et Robert. — Ascensions diverses. — II. Ascensions scientifiques : Robertson, Biot et Gay-Lussac. — MM. Bixio et Barral, MM. Welsh et Green, M. Glaisher. — Ascensions récentes. — Deux observations remarquables. — Expériences de M. Paul Bert sur la pression atmosphérique. — Catastrophe du *Zénith*. — III. Les aérostats appliqués a l'art militaire : Ballons militaires pendant la Révolution. — École aérostatique de Meudon, Conté, Coutelle. — Ballons militaires en Amérique. — Les ballons pendant le siège de Paris. — IV. Les diverses parties d'un aérostat. — Force ascensionnelle : Enveloppe. — Filet. — Nacelle. — Guide-Roppe. — Ancre. — Soupape. — Force ascensionnelle. — Parachûte. — V. Direction des aérostats : Bateau-volant de Blanchard. — Le ballon de l'Académie de Dijon. — Expériences de Guyton de Morveau. — Ascension du duc de Chartres et des frères Robert. — Travaux de Meusnier. — M. Marey-Monge. — Aérostat à vapeur de M. Henri Giffard. — Expérience de M. Dupuy-de-Lome. — Aviation.

INTRODUCTION

Franklin, en 1783, représentait, depuis plusieurs années, la jeune république Américaine auprès du gouvernement Français. Déja connu depuis longtemps du monde savant, il avait sû conquérir très-vite la bienveillance de tous. Et ce n'était pas la moins étrange des choses d'alors, que de voir ce vieillard de 77 ans, au costume simple, au regard fin et doux, à la bouche souriante, aux longs cheveux blancs dont les boucles sans apprêt tombaient jusqu'à ses épaules un peu voûtées, être l'objet des plus rares coquetteries de nos [duchesses et de nos marquis toujours poudrés, musqués, aussi élégants dans leurs propos que dans leurs riches parures.

Donc Franklin faisait fureur en l'an 1783, et la récente découverte des aérostats était, de son côté, l'objet d'un engouement non moins vif. Quelqu'un, un esprit chagrin, comme il s'en trouve partout, assurément, lui demanda à propos des ballons : A quoi cela pourra-t-il servir ? — Laissez faire, répondit-il; c'est un enfant au berceau.....

Aujourd'hui, après un siècle écoulé, si l'on posait la même question à un nouveau Franklin, j'imagine qu'il répondrait encore : laissez faire; mais il pourrait bien ajouter, avec une pointe de malice : L'enfant, il faut le reconnaître, est sorti des langes, toutefois il est bien loin d'avoir terminé sa longue et pénible croissance. Hâtons nous donc de dire que si les apparences ne permettent guère de constater un progrès considérable, il n'en est pas de même si l'on va au

fond des choses. A certains indices, à certains résultats récemment obtenus par les efforts persévérants de la science, il semble qu'on puisse affirmer que nous touchons au but; il semble que les ballons, jusqu'ici esclaves trop dociles des éléments, vont enfin changer de maître et obéir, au moins en partie, à la volonté de l'aéronaute qui les montera.

Depuis notre funeste guerre de 1870-71, il a été fait beaucoup dans ce but. L'exposition de 1878 nous réserve, sans aucun doute, des surprises du plus haut intérêt. Pour être en mesure de pouvoir les apprécier avec fruit, il est nécessaire de faire un historique rapide des principaux faits de l'art aéronautique, depuis sa naissance jusqu'à ce jour.

Dans l'espoir de donner plus de clarté à cette étude, nous la diviserons en cinq parties :

1° Aérostats et aéronautes;
2° Ascensions scientifiques;
3° Les aérostats appliqués à l'art militaire;
4° Les diverses parties d'un aérostat. Force ascensionnelle. Parachute;
5° Direction des aérostats et aviation.

I. — AÉROSTATS ET AÉRONAUTES.

Les Montgolfières, Étienne et Joseph Montgolfier. — Pilâtre des Roziers et le Marquis d'Arlandes. — Le 5 juin 1783, la petite ville d'Annonay était dans une grande agitation. Dès le matin les populations environnantes gens du peuple et gentilshommes, officiers du roi et membres des États de la province, accouraient en foule de toutes parts. Deux fabricants de papier, deux frères, Étienne et Joseph Montgolfier avaient adressé, pour ce jour là, aux États particuliers du Vivarais, assemblés à Annonay, l'invitation d'assister à une expérience de physique où l'on verrait, assuraient-ils, un engin de leur invention s'élever dans les airs et s'y maintenir à une grande hauteur.

Bien des curieux ajoutaient peu de foi aux paroles des deux papetiers et ne se gênaient guère pour goguenarder, en dignes fils des Gaules. L'évènement annoncé leur semblait inoui; ils attendaient néanmoins, déguisant mal leur anxieté. Les frères Montgolfier, pendant le brouhaha des conversations et des lazzis, avaient dressé une sorte de potence à laquelle était suspendu un objet que l'on dût prendre d'abord pour un énorme sac, dont l'ouverture eut été tournée vers le sol. Au-dessous de ce sac, ils allument un feu de paille. Peu à peu le sac se gonfle, change de forme et finit par devenir un superbe globe dont la circonférence n'a pas moins de 36 mètres. Enfin les attaches sont rompues et la foule ébahie, enthousiasmée, peut voir le globe s'élever rapidement jusqu'à une hauteur de plus de 1000 mètres, s'y maintenir quelque temps en équilibre, puis redescendre lentement pour aller tomber à une demi-lieue de son point de départ.

Les frères Montgolfier avaient compris que si les vapeurs s'élèvent dans l'atmosphère, pour y former les nuages, c'est en vertu de leur densité moindre que celle des couches inférieures de l'air. Cette observation leur permit d'affirmer qu'en enfermant, dans une enveloppe, un gaz assez léger pour que le poids total de l'appareil fut inférieur à celui d'un égal volume d'air ambiant, cet appareil s'élèverait de même que s'élèvent les vapeurs.

Le principe de la navigation aérienne était trouvé. Il ne restait plus qu'à arriver aux moyens de le mettre en pratique. C'est ce qui fut réalisé lors de l'expérience du 5 juin. Les frères Montgolfier employèrent un globe de toile

recouvert de papier peint et ouvert à la partie inférieure. Le feu de paille entretenu au-dessous de l'ouverture, chauffe l'air qui l'environne. L'air chaud, plus léger que l'air froid, monte de lui-même, pénètre dans le globe et en remplit bientôt toute la capacité. Toute précaution consiste, dès lors, à combiner le poids de l'enveloppe et le volume du ballon de telle sorte que le poids de l'air intérieur, augmenté de celui de l'enveloppe, demeure encore inférieur au poids d'un égal volume d'air extérieur.

L'éclatant succès de l'expérience d'Annonay eut un retentissement immense. Notre siècle a vu l'application de la vapeur aux chemins de fer; celle de l'électricité au télégraphe qui porte la pensée à toutes les distances; hier encore, Graham Bell inventait le téléphone qui transmet la parole elle-même. Nous avons admiré, sans doute; toutefois, tant de découvertes sont survenues, depuis que notre grande révolution a répandu son souffle vivifiant non-seulement sur la France, mais sur le monde entier; tant de merveilles ont vu le jour, que nous sommes moins prompts à l'enthousiasme. Rien ne nous paraît plus impossible. En 1783 il n'en allait pas ainsi. Notre vielle société routinière marchait avec toute la gravité qui convenait à ses majestueuses perruques. Les guerres y duraient 30 ans, ou, tout au moins 7 ans. Hâtez-vous lentement, avait dit Boileau. Les découvertes pouvaient-elles se permettre de rompre l'harmonie et se succéder autrement qu'avec une sage lenteur ?

La découverte des aérostats causa donc autant de surprise que d'admiration. Les deux inventeurs devinrent les héros du jour. Paris les appelle, étonné d'avoir été devancé par une infime petite ville de province; il veut, sans retard, voir s'élever dans les airs ce globe auquel on donne déjà le nom de Montgolfière. Celui des deux frères à qui revient, paraît-il, la plus large part de l'invention nouvelle, Joseph, se rend à Paris et reproduit l'expérience d'Annonay avec un appareil déjà perfectionné : l'enveloppe est devenue plus légère, elle est en taffetas au lieu d'être en grosse toile. Peu après Joseph a l'idée de suspendre, au-dessous de son ballon, une nacelle renfermant un réchaud qui permet à la Montgolfière de se maintenir plus longtemps dans les hautes régions de l'atmosphère.

Enfin, le 15 octobre, un physicien hardi, Pilâtre des Roziers se place dans la nacelle et, le premier, ose s'élever avec la Montgolfière. Cet essai, fait dans le jardin des Tuileries, eut lieu au moyen d'un ballon captif, c'est-à-dire retenu près de terre par des cordages. Mais l'audace croît avec le succès et, le 21 novembre ce même Pilâtre des Roziers accompagné, cette fois, du marquis d'Arlandes entreprit un véritable voyage aérien.

Les préparatifs de l'ascension eurent lieu au jardin de la Muette devant un immense concours de population. La Montgolfière décorée avec un grand luxe, peinte en vert et rouge, portait au centre le chiffre royal ayant à droite et à gauche un soleil. La présence du Dauphin ajoutait encore à la solennité de l'expérience. Le départ eut lieu sans encombre, tandis que les deux aéronautes saluaient la foule, qui les acclamait, en proie à un double sentiment d'amiration et d'effroi. De temps en temps, pour empêcher la Montgolfière de descendre, Pilâtre des Roziers et le marquis d'Arlandes alimentaient le foyer de chaleur en y jetant une botte de paille. Leur voyage dura près d'une demi-heure et prit fin au moulin de Croulebarbe situé sur un monticule qui se trouvait alors en dehors de l'enceinte méridionale de la ville et porte encore, de nos jours, le nom de Butte-aux-Cailles. Ils avaient traversé tout Paris (fig. 1).

Un tel voyage était d'une folle témérité. A tout instant un coup de vent pouvait pousser les flammes de la nacelle jusqu'au ballon et l'incendier. C'est d'ailleurs ce qui arriva lors d'une nouvelle ascension que Pilâtre entreprit avec

Romain. Les deux infortunés précipités du haut des airs, périrent victimes de leur ardeur héroïque (15 juin 1785), (1).

Mais l'ivresse causée par la nouvelle découverte était telle que cet accident n'arrêta guère le zèle des aéronautes. Du reste, à l'invention des frères Montgolfier, était déjà venue s'en ajouter une autre qui allait faire disparaître le danger causé par l'entretien d'un réchaud allumé au dessous de la légère enveloppe de la Montgolfière.

L'hydrogène est substitué à l'air chaud, Charles et Robert. — Dès l'année 1766 Cavendish avait fait connaître l'excessive légèreté de l'hydrogène. La densité de ce gaz est 0,067 par rapport à l'air; il pèse donc environ 15 fois



Fig. 1. — Montgolfière de Pilatre des Rosiers.



Fig. 2. — Ballon à hydrogène de Charles.

moins que ce dernier. Charles, jeune physicien, déjà célèbre comme professeur et savant recherché des salons à la mode, comprit tout le parti qu'on pouvait tirer de la légèreté de l'hydrogène pour le gonflement des ballons. Secondé par par une société d'amateurs de physique, il parvient à enfermer ce gaz, connu alors sous le nom de gaz inflammable, dans une enveloppe en taffetas enduit de caoutchouc et le 27 août, par un temps d'orage, il lance, du Champ de Mars, son nouveau ballon dont le diamètre était seulement de 4 mètres. Malgré son petit volume, le ballon de Charles s'élève avec une rapidité bien supérieure à celle des Montgolfières, emportant avec lui trois voyageurs : un coq, un canard et un mouton. Tels furent les premiers aéronautes. Ce ballon alla s'abattre à Gonnesse, à 4 lieues de Paris où des paysans, croyant, sans doute, à quelque mystère diabolique lui firent le plus malveillant accueil : ils le mirent en pièces. Quant au coq, au canard et au mouton, l'histoire a commis la coupable négligence de ne pas nous révéler ce qui en advint.

(1) Pilâtre des Roziers se proposait de franchir la Manche, ainsi que venait de le faire l'aéronaute Blanchard dont ils sera question plus tard. Il crut sans doute faire mieux que ses prédécesseurs en réunissant le système de Charles à celui des Montgolfier. Est-ce la réunion des 2 ballons qui détermina la catastrophe, ou tout autre cause ? On l'ignorera toujours.

On peut se demander pourquoi ce ballon, livré à lui-même, ne se maintient pas indéfiniment dans l'atmosphère puisqu'il n'est pas sujet aux variations de poids qui résultent, pour les Montgolfières, du refroidissement de l'air. Sa chûte est amenée par un phénomène contre lequel les aérostiers luttent encore aujourd'hui, sans pouvoir le combattre entièrement : le phénomène de l'endosmose.

L'endosmose est cette propriété qu'ont deux liquides, et, à plus forte raison, deux gaz, de densités différentes et séparés par une cloison membraneuse, de se porter l'un vers l'autre à travers cette cloison.

Les enveloppes perfectionnées que l'on emploie aujourd'hui ne parviennent qu'à diminuer la rapidité du phénomène.

Charles ne s'en tint pas à son premier essai. Quelques jours après le premier voyage aérien de Pilâtre des Roziers, sans donner à l'émotion publique le temps de se remettre, il annonça qu'il allait, à son tour parcourir les airs, porté par un ballon gonflé au gaz inflammable : Le succès de son entreprise allait faire prévaloir son système sur celui des Montgolfières et supprimer le péril, qu'avec juste raison, il caractérisait ainsi : Un réchaud placé sous un baril de poudre.

L'expérience eut lieu le 1er décembre au milieu des Tuileries. Le ballon construit par les frères Robert, sous la direction du jeune physicien, pouvait contenir 500 mètres cubes de gaz. L'enveloppe, comme celle de l'essai fait au Champ de Mars, était en taffetas enduit de caoutchouc. Un filet, recouvrant l'hémisphère supérieur, supportait un cercle solide qui dessinait l'équateur du ballon; de ce cercle partaient les cordages destinés à soutenir la nacelle. Les innovations introduites par Charles ne se bornent pas à cela. Il adapte au sommet du ballon, une soupape à clapet que l'on peut manœuvrer de la nacelle, au moyen d'une corde. En ouvrant la soupape l'hydrogène s'échappe, le ballon diminue de volume; Aussitôt, l'équilibre entre le poids de l'air extérieur et celui de l'aérostat étant rompu, ce dernier s'abaisse. (Voir fig. 2).

Dans la nacelle, Charles place du sable formant *lest*. Laisse-t-on tomber de ce lest, l'aérostat est allégé d'autant et remonte.

Enfin, pour faciliter l'atterrissage, il fixe à la nacelle une ancre qui peut, en rasant le sol, s'accrocher aux aspérités.

Si l'idée première des aérostats est due aux frères Montgolfier, c'est bien à Charles que revient, tout entier, l'honneur d'avoir créé l'art aérostatique. On n'a fait depuis lors, en dehors des essais de direction qui se poursuivent, qu'apporter quelques améliorations de détail à telle ou telle partie de son matériel.

C'est encore lui qui fit construire l'appareil qui lui permit de fabriquer l'hydrogène. Cet appareil se compose de tonneaux entourant une cuve remplie d'eau et sur laquelle est renversée une cloche; celle-ci est pourvu d'un orifice à sa partie supérieure.

Si l'on réunit dans chaque tonneau de l'eau, du fer et de l'acide sulfurique, il se produit une réaction chimique qui donne lieu à un dégagement d'hydrogène pur et celui-ci est amené sous la cloche centrale, par des tubes partant des tonneaux. L'hydrogène vient ainsi s'emmagasiner sous la cloche: il suffit donc d'adapter un conduit à l'orifice que nous avons mentionné, de faire arriver ce conduit jusqu'à l'ouverture du ballon et, aussitôt, le gonflement se produit.

L'ascension des Tuileries eut plus d'éclat, encore, que celle de la Muette. Tout Paris était en mouvement. Dans les places publiques, sur les sommets des édifices, la foule se pressait compacte. Un coup de canon annonça le départ. En quelques minutes Charles et son compagnon de voyage, l'un des frères Robert, furent transportés à une hauteur de 600 mètres. « Jamais, écrit le contemporain Mercier, leçon de physique ne fut donnée devant un auditoire plus nombreux et plus attentif; jamais expérience n'excita tant d'admiration ».

Partis à 1 heure, Charles et Robert descendirent à Ecouen vers 4 heures, sans

accident, après s'être plusieurs fois rapprochés ou éloignés de terre au gré de leur désir.

Ascensions diverses. — Les ascensions se multiplièrent avec une grande rapidité. Blanchard en effectua un peu partout. Le 16 octobre 1784 il est à Londres où, accompagné du professeur Sheldon, il fait un premier voyage; mais une entreprise plus hardie que toutes celles de ses devanciers, tente son courage : il veut franchir en ballon le Pas-de-Calais. Il part, en effet, de Douvres avec le docteur Jefferies. Chacun des deux aéronautes avait arboré le pavillon de sa nation. La traversée fut des plus dramatiques; le ballon s'abaissa tellement qu'il faillit être précipité dans les flots. En vain les deux aéronautes jettent du lest, en vain ils épuisent toute leur réserve, le péril n'est qu'ajourné; le ballon, un instant soulevé, se remet bientôt à descendre. Il se dépouillent de leurs vêtements et les lancent par dessus bord pour s'alléger encore, nouvelle déception. Déjà la nacelle effleure le sommet des vagues. L'angoisse devient poignante. Jefferies n'y peut plus tenir, il saisit son pavillon et l'envoie rejoindre lest et vêtements. Cependant, après bien des émotions terribles, ils parviennent à gagner les falaises de Calais; mais on ne manqua pas de raconter avec orgueil, qu'à l'arrivée, le pavillon français flottait seul au-dessus de la terre de France.

Nos voisins d'outre-manche excuseront ce petit accès de fierté nationale, s'ils veulent bien songer que le fait se passait au sortir de la grande lutte que nos marins illustres : d'Estaing, Bougainville, le bailli de Suffren, venaient de soutenir, avec plus de gloire que de profit, contre leurs puissantes forces navales.

Blanchard alla jusqu'en Amérique, porter la nouvelle découverte.

En même temps que lui, d'autres se multipliaient : Testu-Brissy, Garnerin, etc. Garnerin, le premier, eut l'idée d'adapter à la nacelle un parachûte au moyen duquel sa femme opéra plusieurs descentes.

Testu-Brissy a écrit une relation de l'ascension qu'il fit le 13 juin 1786. Parti du jardin du Luxembourg il toucha terre plusieurs fois et, par suite de divers accidents, rebondit à de grandes hauteurs, avant de s'abattre définitivement aux environs de l'abbaye de Royaumont. Voici comment il raconte la dernière partie de son voyage mouvementé : « La nuit était venue, je m'abaissai un peu et me trouvai au milieu des nuages d'où partaient à chaque instant des éclairs accompagnés d'un tonnerre violent. Je me trouvais attiré et repoussé par les nuages chargés de plus ou moins d'électricité. Mon pavillon, qui portait les armes de France, était étincelant de lumière. Suivant l'élévation où je me trouvais, je reconnaissais l'électricité positive ou négative à l'aide d'une pointe de fer placée dans mon char. Il sortait de cette pointe une gerbe de feu lorsque l'électricité était positive ; quand je m'élevais un peu plus haut dans le nuage, la pointe de fer n'offrait qu'un point lumineux, parce que l'électricité était négative. »

Les expériences de Franklin à Philadelphie, en 1749, celles du botaniste français, Dalibard, en 1752, avaient démontré la présence de l'électricité dans les nuages. Mais il régnait encore bien des incertitudes sur les propriétés de l'électricité atmosphérique, lors de l'ascension de Testu-Brissy. Celui-ci, d'ailleurs, très-habile, et encore plus hardi aéronaute, qui ne craignait pas de faire des ascensions équestres, imitées, plus tard, par M. et Mme Poitevin en 1850, ne saurait avoir une grande autorité scientifique; aussi nous bornons-nous à reproduire son curieux récit, sans prétendre appuyer ses assertions quant à la nature, positive ou négative, de l'électricité des nuages, suivant que ces nuages sont plus ou moins élevés.

Tandis que les aéronautes français rivalisent d'audace, stimulés par l'exemple du duc de Chartres, qui n'avait pas craint de s'élever, le 15 juillet 1784, dans

un ballon dirigé par l'un des frères Robert, le bruit de la grande découverte traverse les frontières.

En février 1784, un noble italien, le chevalier Andréani fait à Milan une ascension avec une Mongolfière.

Le 14 septembre de la même année, une autre italien, Vincent Lunardi effectue à Londres la première ascension qui ait eu lieu en Angleterre.

En 1785 le docteur Potain, en Angleterre, s'élève à de grandes hauteurs. C'est lui qui le premier constate l'existence des courants aériens superposés et se mouvant dans des directions différentes.

Ce fait, ignoré jusque là, et trop négligé dans la suite, a causé bien des accidents dont quelques-uns ont entraîné la mort: l'italien Zambeccari, pendant le cours de ses voyages nombreux, accomplis de 1804 à 1812, fut un jour surpris par un courant aérien qui le porta rapidement en pleine mer Adriatique. Il fut cependant sauvé, grâce aux prompts secours qui lui vinrent d'un navire croisant, par bonheur, dans ces parages. Échappé, cette fois, à une mort cruelle, il périt, plus tard, en voulant renouveler la tentative qui, déjà, avait coûté la vie à Pilatre des Roziers. Des deux ballons qu'il avait réunis, on ne trouva que des débris et, à côté d'eux, gisait le corps brisé, à demi carbonisé, du malheureux Zambeccari.

Plus tard, en 1847, l'aéronaute Arban, parti de Trieste, échoue encore dans cette même mer Adriatique, détourné de la route qu'il comptait suivre. Il est sauvé, lui aussi, par des marins, mais quelques années après, faisant une ascension à Barcelone, il est entraîné en pleine mer Méditerranée et disparaît. On n'en a jamais retrouvé la moindre trace.

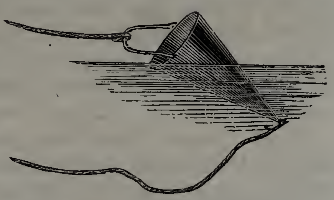


Fig. 3. — Cône-ancre de Sivel.

Des sinistres de même nature se sont également produits pendant la guerre de 1870-71, ainsi que nous le signalons plus loin. C'est pour pallier autant que possible ce danger, que Sivel, l'une des deux victimes de la catastrophe du *Zénith*, a imaginé ce qu'il nomme le *cône-ancre*. Cet appareil est une sorte de panier en toile ayant la forme d'un cône retenu par une corde. Lorsqu'on laisse tomber le cône-ancre dans l'eau, il se remplit, tient lieu de frein, et permet d'attendre, avant que l'aérostat ne soit entraîné trop loin du rivage, le secours soit d'un bateau, soit d'un vent favorable. Dans ce dernier cas, pour remonter, l'aéronaute n'a qu'à renverser le cône-ancre en tirant vers lui la seconde corde fixée à la partie inférieure de l'appareil (fig. 3).

Sivel a pu, dans plusieurs circonstances, s'élever des bords de la mer, malgré des vents soufflant de terre. S'il ne rencontrait pas, dans les régions supérieures, un courant favorable, il s'abaissait, jetait son cône-ancre et attendait, sans péril, à une faible distance du rivage, qu'on vint à son secours.

Relatons encore un perfectionnement dû à l'aéronaute anglais Green. Les descentes à terre, sont souvent périlleuses, surtout par un temps orageux. Le ballon rase quelque fois le sol avec tant de rapidité que l'ancre peut se briser ou faire chavirer la nacelle. Green, pour préparer l'action de l'ancre, s'est muni du *guide-rope*. Ce n'est autre chose qu'un cordage traînant à terre. Le guide-rope, modère la marche du ballon et permet de ne jeter l'ancre qu'au moment où tout danger a disparu.

II. — ASCENSIONS SCIENTIFIQUES.

Robertson, Biot et Gay-Lussac. — Bien des gens, même parmi ceux qui ne sont pas étrangers à une certaine culture intellectuelle, résistent à l'idée que les ballons puissent être utiles à quelque chose. Parmi ceux-là, un grand nombre a été ramené à des sentiments plus équitables par les résultats obtenus pendant notre funeste guerre de 1870-71. Mais ces résultats, si profondément gravés dans la mémoire de tout le monde, sont loin d'être les seuls qui méritent d'être signalés.

Dès les premières années de ce siècle, les savants ont compris tout le parti qu'ils pouvaient tirer des ascensions aérostatiques, pour l'étude des phénomènes atmosphériques signalés, mais non expliqués, ainsi que pour la découverte d'autres phénomènes encore inconnus. Entrer dans le détail de toutes les observations recueillies, serait empiéter sur le domaine de la physique et de la science pure. Le cadre de notre étude ne comporte pas de tels développements : Bornons-nous donc à parcourir rapidement cette intéressante question, sauf à nous arrêter, çà et là, sur tel point qui nous aura paru plus intéressant. Ces temps d'arrêt suffiront pour faire ressortir, combien est digne de toute sollicitude l'art, éminemment français, de l'aéronautique.

Nous avons vu, qu'en 1788, le docteur Potain avait constaté l'existence de différents courants aériens superposés; mais ce n'est qu'en 1803 qu'eut lieu la première ascension vraiment scientifique. Elle fut effectuée à Hambourg par le physicien liégois Robertson, mort à Paris en 1837. Robertson atteignit une altitude de 7200 mètres, environ. C'est lui qui, le premier, à décrit le malaise que l'on éprouve dans ces parages: respiration difficile produisant des angoisses analogues à celles qui résulteraient d'un commencement d'asphyxie, pouls précipité, enflure des lèvres et des paupières, veines saillantes, troubles nerveux suivis d'une grande apathie morale et physique. Il fit d'intéressantes observations météorologiques et remarqua que le magnétisme terrestre va en décroissant, dès qu'on arrive à une grande élévation.

Tous les savants d'Europe s'émurent. Robertson dût renouveler son expérience d'abord avec le hollandais Lhoëst, ensuite, à Saint-Pétersbourg, en compagnie de Saccharoff, savant moscovite. Il vit se confirmer les faits constatés dans son premier voyage.

Bientôt après, Biot et Gay-Lussac, dans le but de contrôler les résultats obtenus par Robertson, s'élèvent, à leur tour, dans les airs. Ils recueillent un fait nouveau, celui de l'augmentation de la sécheresse de l'atmosphère, à mesure que l'on s'éloigne de terre. Toutefois ils ne purent pas dépasser l'attitude de 4000 mètres. Gay-Lussac reprit seul l'expérience, le 16 septembre 1804. Il monta au delà de 7000 mètres, d'après les indications du baromètre dont la colonne s'était abaissée de $0^m,760$ à $0^m,320$. Le thermomètre, qui indiquait 31°, au départ, descendit jusqu'à 9° au-dessous de zéro. La sécheresse devint telle que le parchemin, substance hygrométrique, se tordait comme si on l'eut présenté au feu. Le pouls avait 120 pulsations à la minute. Gay-Lussac éprouva les mêmes malaises que Robertson, mais avec une intensité un peu moindre.

MM. Bixio et Barral, MM. Welsh et Green, M. Glaisher. — Malgré ces premiers succès, il faut aller jusqu'en 1850 pour trouver une nouvelle ascension à grande hauteur. Elle fut opérée par MM. Bixio et Barral qui, après s'être élevés, comme leurs devanciers, jusqu'à 7000 mètres, rencontrèrent un nuage

de glace en voie de formation. Ils voyaient, ont-ils dit, une multitude de paillettes cristallines tourbillonner en tous sens et courir en quelque sorte, les unes après les autres. Le thermomètre au milieu de ce nuage, descendit jusqu'à 32° au-dessous de zéro.

A partir de ce jour, les ascensions scientifiques commencent à devenir fréquentes et chacune d'elles apporte son contingent de connaissances nouvelles.

En 1852, M. Welsh, en Angleterre, suit l'exemple des deux savants français, il s'élève, avec l'aéronaute Green, jusqu'à plus de 6900 mètres. Après lui, M. Glaisher, directeur de l'observatoire météorologique de Greenwich, entreprend toute une série d'ascensions dont le but principal est de le préparer, peu à peu, à pouvoir, sans trop de péril, séjourner dans des régions encore inexplorées. Enfin, le 5 septembre 1862, il part, accompagné par M. Coxwell, qui était chargé de surveiller l'aérostat, pendant qu'il se livrerait à ses observations. Ils atteignent l'attitude de 8800 mètres.

A cette hauteur, M. Glaisher perd l'usage de la parole, puis celui de la vue, puis il s'affaisse sur lui-même, réduit à l'impossibilité de faire le moindre mouvement. Il conserve encore, cependant, pendant quelques instants, toute sa lucidité d'esprit, après quoi il s'évanouit tout à fait. Quant à M. Coxwell, il arriva jusqu'à l'inertie complète de tous les membres, la tête conservant, seule, la liberté de se mouvoir. Il comprend qu'il n'a plus une seconde à perdre, et saisit vivement, avec ses dents la corde de la soupape qui, fort heureusement, se trouve à portée de sa bouche. Aussitôt le ballon descend. MM. Glaisher et Coxwell furent plus heureux que Crocé-Spinelli et Sivel dont la mort est due à des circonstances semblables à celles où se sont trouvés les deux vaillants aéronautes anglais.

Ascensions récentes. Deux observations remarquables. — Depuis une douzaine d'années les ascensions scientifiques ont pris une extension inconnue jusqu'à cette époque. En France, notamment, une brillante légion d'explorateurs s'élance, à tout moment, à la recherche des problèmes les plus variés. Citons parmi eux : M. Durnof, M. W. de Fonvielle, MM. Camille Flammarion et Eugène Godard, MM. Crocé-Spinelli et Sivel, MM. Gaston et Albert Tissandier, M. Dutré-Poitevin etc...

L'un va chercher des régions plus transparentes pour se livrer avec plus de fruit à des observations astronomiques; l'autre étudie les divers courants atmosphériques, dans l'espoir de découvrir la loi de leur mouvement; celui-ci surprend et explique la naissance des nuages; celui-là, par des analyses plusieurs fois répétées, démontre que le rapport des éléments constitutifs de l'air varie avec l'altitude.

L'étude de la météorologie a pris, de nos jours, une importance exceptionnelle. On a installé des observations sur les hautes montagnes. Mais, réduit à ces observatoires, le champ des explorations serait resté bien resserré si les ballons n'avaient permis de l'étendre jusqu'à l'infini.

M. Dutré-Poitevin a constaté que toutes les fois qu'il avait trouvé, à de grandes hauteurs, des courants atmosphériques, autres que ceux qui régnaient à terre, au même moment, ces courants n'avaient jamais manqué de s'abaisser et de se produire à la surface du sol 24 ou 48 heures plus tard.

M. Crocé-Spinelli a fait de nombreuses analyses spectrales. Nous n'en citerons qu'une: On sait que si l'on fait passer des rayons lumineux à travers un prisme en cristal et qu'on les recueille, à leur sortie, sur un disque, (le prisme et le disque constituent les éléments essentiels d'un spectroscope) ces rayons, décomposés par le prisme, donnent, sur le disque, une image lumineuse, un *spectre*, qui reproduit les couleurs de l'arc-en-ciel. Ce spectre est sillonné par des raies,

qui varient d'aspect suivant la substance du corps lumineux, mais qui restent toujours les mêmes si elles sont produites par des rayons émanant de la même substance, quelle que soit, d'ailleurs, l'intensité lumineuse des rayons. Or on trouve, dans le spectre solaire, les raies propres au sodium, au fer, au zinc, etc..... Dans la composition du soleil, il entre donc, du sodium, du fer, du zinc, etc..... Poussant plus loin cette étude, on a remarqué certaines taches sur les raies du spectre et l'on a reconnu que, pour les raies du sodium, par exemple, de la vapeur d'eau, placée sur le parcours des rayons lumineux, donnait lieu à des taches d'un caractère particulier. Ces mêmes taches se retrouvent sur les raies du sodium du spectre solaire. Un astronome italien le père Secchi a conclu de ce fait que, dans le soleil, il existait de la vapeur d'eau. M. Janssen, en France, déclare, au contraire, que le soleil en est dépourvu, que les taches du spectre solaire sont uniquement dues à la vapeur d'eau répandue dans l'atmosphère terrestre. Le débat, entre les deux savants, aurait pu se prolonger longtemps et faire naître une longue correspondance que les générations futures auraient, peut-être, lue avec autant d'intérêt que nous lisons aujourd'hui les correspondances de Diderot ou de Voltaire; mais la question aurait fortement risqué de ne pas être tranchée. Elle l'a étépar Crocé-Spinelli. Le 22 mars 1874, un an à peine avant sa mort tragique, il monte à 7300 mètres, dans ces régions où règne une sécheresse à peu près absolue, dresse son spectroscope et constate l'absence des taches sur les raies du sodium. Donc le père Secchi n'est plus fondé à prétendre que le soleil renferme de la vapeur d'eau.

MM. Gaston et Albert Tissandier, le 29 septembre 1877; font une ascension scientifique au Champ-de-Mars, dans le but de se livrer à des recherches météorologiques, fig. 4.

Jusqu'à l'altitude de 400 mètres, ils traversent une couche d'air animée d'un faible courant de l'est à l'ouest. Arrivés là, ils entrent dans une seconde couche, d'une épaisseur de 400 mètres comme la précédente, dont la vitesse, dans le même sens, est beaucoup plus rapide et atteint 20 kilomètres à l'heure. Les deux couches sont séparées par une zône de buées légères. Ces buées sont invisibles à l'œil d'un spectateur, placé à la surface du sol, à cause de leur légèreté même et de leur faible épaisseur; mais l'aéronaute, qui les voit dans le sens de leur étendue horizontale, les distingue très-aisément. A l'altitude de 800 mètres M. M. Tissandier rencontrent une seconde zône de buées qui persiste jusqu'à l'altitude de 1000 mètres; au-dessus règne un calme complet. Ainsi, voilà, bien constaté, un courant rapide glissant entre deux régions atmosphériques dont l'une est presque immobile et l'autre l'est entièrement. De plus, au-dessus, comme au-dessous de ce courant, existent deux zônes de vapeur d'eau condensée. Il résulte de ce fait, ainsi que de plusieurs autres de même nature, que les nuages sont à l'état de formation constante dans l'atmosphère. Les courants d'air, en glissant les uns sur les autres, produisent un frottement qui ramasse, en queque sorte, la vapeur d'eau, la condense à l'état de buées, puis en fait de véritable nuages. Les nuages ne montent pas, comme on l'a cru longtemps, ils ne restent pas davantage suspendus à leur hauteur primitive; ils tombent lentement, se dissolvant de nouveau s'ils rencontrent, dans leur chute, des couches d'air peu chargées d'humidité, donnant, au contraire, naissance à la pluie s'ils traversent un air sur le point d'atteindre son maximum de saturation.

Ces quelques exemples suffisent pour établir l'importance des services que les aérostats sont appelés à rendre à la science, surtout depuis qu'un savant physiologiste, M. Paul Bert, à la suite d'expériences précises, est venu indiquer le moyen de soustraire les aéronautes aux malaises, aux troubles moraux et physiques, ressentis dans toute ascension à grande hauteur.

Expériences de M. Paul Bert sur la pression atmosphérique. — Jusqu'à ces derniers temps, les effets éprouvés par Robertson et Gay-Lussac, auxquels M. Glaisher a failli succomber et qui ont causé la mort de Crocé-Spinelli et de Sivel, étaient attribués à la diminution de la pression exercée, sur les organes

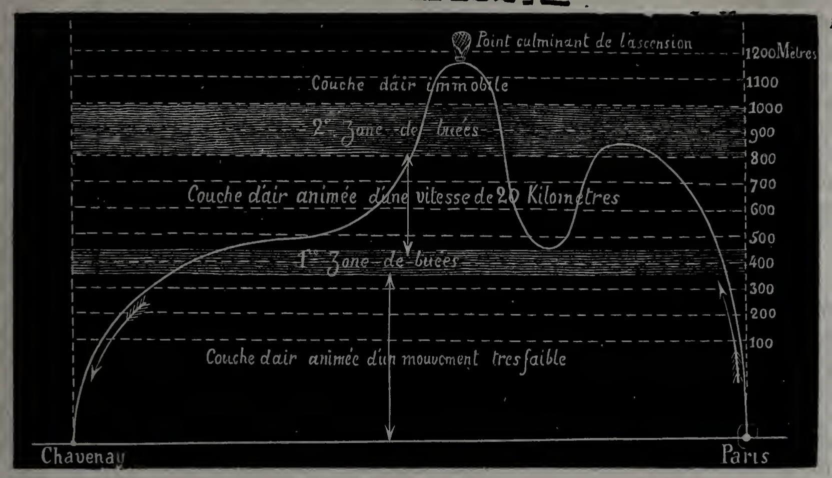


Fig. 4. — Diagramme de l'ascension effectuée le 29 septembre 1877, par MM. Gaston et Alber Tissandier.

par l'air raréfié des hautes régions. On voyait dans ces phénomènes le résultat d'une action purement mécanique. M. Paul Bert a prouvé que les conséquences de la différence de pression avaient une importance fort secondaire, et que tout



Fig. 5. — Appareil de M. Paul Bert, pour ses expériences sur les effets de la pression atmosphérique.

le péril provenait de l'insuffisance de l'oxygène absorbé par les poumons. Il en a fait l'expérience sur lui-même en se plaçant dans un appareil cylindrique dont on pouvait, à volonté, aspirer l'air. Un tube, adapté à un réservoir contenant un mélange de 70 parties d'oxygène et de 30 parties d'air, pénétrait dans l'appareil cylindrique et arrivait à portée de sa main, fig. 5.

Dans ces conditions, M. Bert a parfaitement observé les effets de la raréfaction de l'air sur son organisme, tandis qu'il suivait, sur un baromètre, la dépression à laquelle ces effets se produisaient.

Au début de l'expérience la colonne barométrique est de 0m,759, le pouls donné 60 pulsations. A mesure que le baromètre baisse, le nombre des pulsations augmente. Avec la pression de 0m,480 le malaise commence et le pouls atteint 70 pulsations; avec celle de 0,455, malaise plus accentué, pouls plus rapide. Arrivé à 0,360 M. Bert met le tube dans sa bouche et respire le mélange oxygéné ; aussitôt la malaise disparaît et le pouls redescend de 72 à 66 pulsations. Il peut, dès lors, continuer à séjourner dans son appareil, sans ressentir ni malaises ni troubles sensibles, quoiqu'il arrive jusqu'à la pression de 0,248 qui correspond, dans l'atmosphère, à une altitude supérieure à 8,800 mètres. Il affirme même qu'il aurait fort bien pu résister à une dépression plus grande.

M. Paul Bert conclut, de son expérience, qu'en se munissant d'une provision convenable d'oxygène, les aéronautes peuvent affronter, sans péril, les plus hautes régions atmosphériques. Le fait a, d'ailleurs été vérifié par Crocé-Spinelli et Sivel, lors de leur ascension du 22 mars 1874. Il purent atteindre jusqu'à une grande altitude sans éprouver, grâce aux réservoirs d'oxygène dont ils s'étaient munis, les troubles ressentis habituellement dans ces régions.

M. Paul Bert dans son livre : *La pression barométrique*, rend compte de cette ascension et s'exprime ainsi, à propos des effets que produisit la respiration oxygénée : « Retour des forces et de l'appétit, diminution des douleurs de tête, rétablissement de la vision nette, du sang-froid, de la présence d'esprit. Tous les phénomènes observés dans les cylindres de mon laboratoire se reproduisent avec une sûreté qui frappa fortement l'opinion et inspira aux deux aéronautes une confiance poussée jusqu'à l'imprudence et qui leur devint fatale. »

Ces derniers mots jettent un rayon du lumière sur les causes d'un drame sombre et affreux dont le dénouement fut la mort de deux hommes aussl intrépides que dévoués à la science : Crocé-Spinelli et Sivel.

Catastrophe du Zénith. — Le ballon le *Zénith* partait, le jeudi 15 avril 1875 de l'usine à gaz de la Vilette emportant dans sa nacelle Sivel, Crocé-Spinelli et M. Gaston Tissandier. Trois ballonnets, remplis de 70 parties d'oxygène pour 30 d'air, étaient fixés au-dessus de la nacelle. La hauteur de 7000 mètres est bientôt atteinte et M. Tissandier, à qui nous empruntons les renseignements qui suivent, inscrit sur son carnet : « Je respire oxygène. Excellent effet. Sivel, très-vigoureux et d'un tempérament sanguin ferme les yeux par moments; il est un peu pâle. Crocé-Spinelli, l'œil au spectroscope, s'écrie rayonnant de joie : Il y a absence complète de taches de la vapeur d'eau. »

Le ballon continue à monter. A 7500 mètres Sivel se ranime subitement, sa figure prend un éclat inaccoutumé : « Faut-il jeter du lest, demanda-t-il? » Ses deux compagnons répondent affirmativement. Ils ont résolu de dépasser 8000 mètres! Sivel coupe les cordelettes de trois sacs de l'est et s'affaisse presqu'aussitôt dans la nacelle. M. Tissandier, sans force, en proie à une sorte de vertige, veut saisir le tube à oxygène, mais il n'a pas la force de lever le bras. Il peut encore, cependant, suivre les indications du baromètre qui s'abaisse à 0m,290, puis à 0m,280. « Je veux m'ecrier, dit-il dans son livre : *Histoire de mes ascensions*, je veux m'écrier : Nous sommes à 8000 mètres! Mais ma langue est comme paralysée. Tout à coup, je ferme les yeux et je tombe inerte, perdant absolument le souvenir. Il était environ 1 heure 30 minutes. A 2 heures 8 minutes je me réveille un moment. Le ballon descendait rapidement. J'ai pu couper un sac de lest pour arrêter la vitesse et écrire sur mon livre de bord les lignes suivantes : Nous descendons, température 8°; je jette

lest. Nous descendons. Sivel et Crocé encore évanouis. A peine ai-je écrit ces lignes qu'une sorte de tremblement me saisit et je retombe affaibli encore une fois..... Quelques moments après, je me sens secouer par le bras et je reconnais Crocé, qui s'est ranimé: Jetez du lest, me dit-il, nous descendons. Mais c'est à peine si je puis ouvrir les yeux, et je n'ai pas vu si Sivel était réveillé..... Je retombe dans mon inertie, il me semble que je m'endors d'un sommeil éternel..... A 3 heures 30 minutes environ, je rouvre les yeux, je me sens étourdi, affaissé, mais mon esprit se ranime. Le ballon descend avec une vitesse effrayante: Sivel! Crocé! M'écriai-je réveillez-vous! Mes deux compagnons étaient accroupis dans la nacelle, la tête cachée sous leurs couvertures de voyage. Je rassemble mes forces et j'essaye de les soulever. Sivel avait la figure noire, les yeux ternes, la bouche béante et remplie de sang. Crocé avait les yeux à demi fermés et la bouche ensanglantée..... J'étais comme fou, je continuais à appeler Sivel! Sivel! »

Sivel et son ami Crocé-Spinelli avaient cessé de vivre! Quant à M. Tissandier, le seul survivant des trois, lorsqu'il toucha enfin le sol, son émotion, sa douleur étaient telles que ses forces le trahirent, il s'affaissa, croyant qu'à son tour il allait mourir.

Ce tragique évènement semble détruire l'importance des résultats des respirations oxygénées indiquées par M. Paul Bert. Il n'en est rien, cependant. Il faut seulement en conclure que les aéronautes doivent se défier de leur témérité. Habitués à braver les dangers, ils négligent trop, peut-être, certaines précautions indispensables.

Pour éloigner autant que possible, les causes de péril, dans les ascensions à grande hauteur, il doivent s'astreindre à beaucoup de prudence; baser la provision d'oxygène sur une consommation de six à 7 litres par homme et par minutes, or la provision totale, pour l'ascension du 15 avril 1875, était de 150 litres, ce qui ne laissait à chacun des trois aéronautes que 8 minutes de respiration oxygénée. Il faut encore, pendant les jours qui précèdent l'ascension, éviter les excès de fatigue musculaire, nerveuse, intellectuelle; prendre garde aux bronchites et à tous les accidents propres à gêner les actes de la respiration. Il faut avoir soin de faire, avant le départ, un repas substantiel, et emporter des vivres afin de pouvoir manger fréquemment en route; disposer, dans la nacelle, tous les objets de telle sorte qu'on puisse les atteindre sans avoir à se déplacer; éviter tout effort, tout mouvement qui aide à la consommation de l'oxygène. Il faut, surtout, que le tube à oxyène arrive à portée de la bouche, car il peut arriver un moment où le bras n'ait plus la force de l'aller chercher.

A tous ces conseils donnés par M. Paul Bert, M. Hurcan de Villeneuve (voir l'*Aéronaute* de janvier 1878) en ajoute un dernier: « Je crois, dit-il, que les aéronautes, qui veulent monter un peu haut, ne doivent pas s'occuper du soin de leur départ, mais bien en laisser la direction à un confrère. Sans doute les jalousies de métier mettront souvent obstacle à l'accomplissement de ce vœu; mais le commandement des hommes de manœuvre, le déplacement des sacs, le pesage de la force ascensionnelle sont des opérations fatigantes et l'aéronaute, qui veut faire une ascension élevée, a besoin, non-seulement de toute son énergie morale, mais de toute sa force physique. »

III. — LES AÉROSTATS APPLIQUÉS A L'ART MILITAIRE.

Les ballons millitaires pendant la Révolution. — De 1783 à 1793, pendant dix ans, les ballons ne furent guère qu'un objet d'amusement. On pourrait croire qu'au milieu de l'effervescence générale, tandis que notre première république était livrée aux déchirements intérieurs et à la guerre contre ses ennemis du dehors, la découverte des frères Montgolfier dut tomber dans l'oubli. C'est alors, au contraire, qu'elle reçut sa première application utile.

Il est vrai qu'en ces temps extraordinaires, si les conceptions fécondes se multipliaient, les hommes supérieurs surgissaient en foule pour les mettre à exécution. Si on fondait, en 1793, le muséum d'histoire naturelle, en mars 1794, l'école polytechnique; si l'école normale ouvrait ses cours au mois d'octobre suivant; si, dans le courant de cette même année, l'abbé Grégoire lisait devant la convention, qui approuvait, son rapport sur la création de la conservation des Arts et Métiers; pour occuper tant de chaires nouvelles, on avait une immortelle phalange de maîtres tels que Monge, Bertholet, Lavoisier, Guyton de Morveau, Volney, Bernardin de Saint-Pierre, La Harpe, de Jussieu, Dauberton..... puis un jeune homme de 21 ans qui devait être l'illustre Geoffroy Saint-Hilaire.

L'un de ces savants, Guyton de Morveau, à la fois professeur de chimie à l'école polytechnique et membre du comité de salut public, propose d'installer des postes de ballons captifs, du haut desquels il sera facile d'observer les mouvements des armées ennemies.

Le comité de salut public adopte le projet de Guyton de Morveau et celui-ci fait appel au concours du physicien Coutelle qui se met aussitôt à l'œuvre.

Une première difficulté se présente: comment pourra-t-on fabriquer l'hydrogène en campagne? Le moyen employé jusque-là est celui de Charles. Il ne suffit pas pour le but qu'on se propose; mais Lavoisier vient d'en indiquer un nouveau, qu'il a expérimenté dans son laboratoire. Ce moyen consiste à décomposer la vapeur d'eau en la soumettant à l'action du fer chauffé au rouge. Guyton de Morveau et Coutelle se rendent auprès de Lavoisier et, de concert avec lui, tentent, sur une grande échelle, la fabrication de l'hydrogène. Cet essai réussit comme il avait déjà réussi, en petit, dans le laboratoire de Lavoisier.

Dès lors le succès paraît assuré, on fait construire un grand fourneau et des tuyaux de fonte dans lesquels on fera passer de la vapeur d'eau sur de la tournure de fer chauffé au rouge. En même temps Coutelle dirige la construction rapide d'un ballon de 9 mètres de diamètre. Peu de jours après, il est prêt à partir et il se rend à l'armée de Sambre-et-Marne commandée par Jourdan.

Une seconde difficulté ne tarde pas à surgir. La préparation de l'hydrogène était longue et pénible. Il fallait chauffer le fer pendant plusieurs jours et plusieurs nuits. Une telle opération, en présence de l'ennemi, était parfois impossible, et pourtant il fallait la recommencer souvent, car nous avons déjà dit combien l'endosmose se produit rapidement à travers les tissus les plus serrés. Cette seconde difficulté paraît cependant avoir été vaincue. M. le colonel Laussedat, au mois d'août 1877, dans une communication faite à l'*Association française pour l'avancement des sciences*, assurait, en effet, que le physicien Conté, n'avait pas tardé à rendre les aérostats imperméables à l'hydrogène, par l'application d'un certain vernis dont la composition aurait été perdue depuis cette époque, mais retrouvée, tout récemment, par MM. le commandant Delambre

et le capitaine Renard. « Nous sommes certains, ajoutait M. le colonel Laussedat, que les ballons, dont l'étoffe est recouverte de ce vernis, se conserveraient, comme les ballons des armées de Sambre-et-Meuse et du Rhin, gonflés pendant des mois entiers. »

Le vernis en possession duquel est rentrée la commission militaire qui s'occupe des aérostats, est évidemment composé de substances vitreuses, celles-ci étant, seules, imperméables à l'hydrogène.

Grâce au vernis de Conté les ballons militaires étaient conservés gonflés, aux armées, et transportés, dans cet état, sur les points jugés favorables à des reconnaissances utiles.

Enfin un troisième obstacle devait résister à tous les efforts des aéronautes: il provenait du peu de fixité du ballon captif dès que la moindre brise se faisait sentir. Coutelle raconte lui-même, qu'au siège de Mayence, s'étant élevé pour reconnaître la place, il pouvait déjà discerner les mouvements des troupes, dans la villes assiégées; mais que, tout à coup, le vent fraichit et poussa trois fois le ballon jusqu'à terre en le faisant pirouetter autour de ses cordes d'attache. A peine le ballon avait-il touché le sol, il rebondissait et s'élançait dans les airs avec une grande rapidité pour retomber de nouveau. Outre l'imminence du danger, toute observation était devenue impossible. Coutelle, malgré tout son courage, dut renoncer à prolonger son ascension.

Aujourd'hui on espère être arrivé à combattre cet inconvénient en fixant, au-dessous de la nacelle, une sorte de cerf-volant. L'action du vent sur un cerf-volant s'exerce en deux sens, l'un vertical et de bas en haut, qui tend à l'empêcher de descendre, l'autre horizontal tendant à l'entraîner dans la direction du vent. Il y a donc là, pour ainsi dire, deux forces donnant lieu à une résultante dont la direction n'est autre que celle de la corde qui retient le cerf-volant. Ces deux forces croissent ou décroissent en même temps, l'une et l'autre, lorsque la vitesse du vent augmente ou diminue, en sorte que la direction de leur résultante ne varie pas quelle que soit l'intensité du vent. Au contraire, la résultante s'incline ou se relève suivant que le plan du cerf-volant s'éloigne ou se rapproche d'une direction horizontale. Mais si l'on n'est pas maître de la puissance du vent, dont l'effet est nul sur la direction d'un cerf-volant, on peut très-bien donner au plan de ce dernier telle inclinaison que l'on voudra. On conçoit, d'après cela, qu'il soit possible d'arriver à l'équilibre des ballons captifs par l'adjonction d'un cerf-volant. Il ne reste plus qu'à déterminer les dimensions que ce dernier devrait avoir, par rapport au ballon auquel on se proposerait de l'adapter.

M. Peltier, en communiquant cette idée à la *Société philomatique*, annonçait récemment que deux expériences, faites dans ces conditions, avaient donné des résultats satisfaisants.

Ainsi tous les écueils, auxquels Coutelle s'est heurté, dans ses ascensions en ballons captifs, semblent avoir disparu aujourd'hui. Ces résultats précieux ne seraient certainement pas oubliés, le jour où la France se verrait entraînée vers de nouvelles guerres.

Malgré toutes les difficultés que nous venons de signaler, les ballons captifs rendirent en plusieurs circonstances, de grands services aux armées françaises de notre première république. En 1794, notamment, pendant les manœuvres qui ont servi de préliminaires à la bataille de Fleurus, Coutelle, avec son ballon l'*Entreprenant*, put suivre tous les mouvements de l'ennemi et les signaler au général Jourdan. Les ascensions duraient quelquefois sept ou huit heures et avaient lieu le matin et le soir. Coutelle lançait ses dépêches à terre en les assujettissant à un sac de sable. La bataille de Fleurus, livrée le 27 juin 1794, fut gagnée, et l'on s'accorde à reconnaître que le nouveau système de recon-

naissances y contribua pour une large part. Carnot dans ses mémoires n'hésite pas à lui rendre cette justice.

Avant la bataille de Fleurus les aérostats militaires avaient déjà fonctionné avec succès, aux sièges de Maubeuge et de Charleroi. Plus tard, on les retrouve encore aux armées du Rhin et du Danube.

École aérostatique de Meudon. — Dès que l'emploi des ballons captifs avait été reconnu utile, la convention nationale, comprenant qu'un seul aéronaute ne pouvait suffire à tous les besoins, avait arrêté la création d'une école d'*Aérostiers*. Cette école fut installée à Meudon sous le commandement de Conté.

Conté était à la fois un savant physicien et un esprit des plus industrieux. Tout le monde connaît les crayons qu'on lui doit et qui portent encore son nom. Monge disait de lui. « Il a toutes les sciences dans la tête et tous les arts dans la main. » Nous avons déjà parlé du vernis imperméable dont il dota les aérostats. Nul ne convenait mieux que Conté pour la direction de la nouvelle école où l'on ouvrit aussitôt l'enseignement jugé propre au but proposé. On enseigna, à Meudon, la physique, l'art de la gymnastique; on y fit de nombreuses ascensions en ballon captif.

L'adjudant général Lomet, détaché à l'école de Meudon pour suivre les expériences, opéra lui-même une série d'observations à la suite desquelles il recommanda l'emploi des aérostats, tout en ajoutant, cependant, que sans une pratique constante, il était difficile d'obtenir des résultats complètement satifaisants.

Coutelle, de son côté, après une courte apparition à l'armée de Sambre et Meuse, était revenu à l'école de Meudon. Là, du haut de son ballon captif, il lui fut facile de fouiller le cours de la Seine jusqu'à une grande distance. Les travaux de l'école étaient donc poussés avec rapidité. Bientôt Coutelle put aller rejoindre nos armées à la tête d'une compagnie d'aérostiérs placés sous ses ordres, tandis que Conté en formait tous les jours de nouveaux.

Malheureusement tout le monde n'était pas partisan des ballons. Il y a une quarantaine d'années, M. Thiers ne croyait pas aux chemins de fer; cela, il est vrai, n'a pas empêché les chemins de fer de réussir; mais pour les ballons les résistances devaient être plus efficaces. Le général Hoche obtint le licenciement des aérostiers de son armée. Après lui, Bonaparte alla encore plus loin, il les supprima partout. Devenu empereur, il profita même d'un accident survenu au ballon du sacre pour faire fermer l'école de Meudon. Les aérostats que possèdait cette école furent vendus; tous ne furent pas perdus, cependant. Quelques uns servirent aux ascensions scientifiques de Robestron et de Gay-Lussac. Pendant qu'en France les aérostats militaires étaient délaissés, l'étranger essayait de les mettre à profit. En 1812 les armées Russes tentèrent de s'en servir pour lancer sur les troupes françaises des projectils incendiaires. Ajoutons que leur tentative ne paraît pas avoir été heureuse.

En 1830, l'aéronaute Margrat avait suivi la flotte qui allait assiéger Alger. Mais le succès de nos armes fut si prompt que Margrat n'eut pas l'occasion d'intervenir.

Depuis les guerres de la révolution, jusqu'à celle de 1870-1871, c'est là tout ce qu'on a à signaler à l'actif des ballons militaires en Europe. Un tel oubli, une telle absence de progrès dans cette branche de l'art aéronautique, ne se seraient certes pas produits si les Conté et les Coutelle ne s'étaient pas vu fermer les portes de l'école de Meudon.

Les ballons militaires en Amérique. — Pendant les guerre de la sécession, en Amérique, le général Mac-Clellan, commandant l'armée de l'Union, eût plu-

sieurs fois recours aux ballons et en obtint de grands résultats. Deux aéronautes se signalèrent à cette époque : La Mountain et Arban. Ils employèrent tantôt des ballons captifs, tantôt des ballons libres, selon les circonstances. Les premiers étaient parfois reliés au camp par un fil télégraphique.

Un jour La Mountain s'approche le plus possible des positions ennemies, en ayant soin de les conserver toujours sous le vent : Il était monté dans un ballon captif, que des hommes retenaient en marchant dans la direction indiquée par l'aéronaute. Lorsqu'il jugea le moment favorable, celui-ci coupa les cordes et son ballon, devenu libre fut porté au-dessus des troupes du Sud. L'aéronaute put, en traversant les lignes ennemies, noter leurs forces, les positions occupées, les obstacles qui les protégeaient. Parti de Washington, il alla prendre terre en toute sécurité à Maryland et transmit aussitôt ses renseignements au général Mac-Clellan.

L'année suivante, en 1862, Mac-Clellan assiégeait Richmond. Un ballon captif, pourvu d'un appareil photographique, fut lancé et on put ainsi obtenir une carte rigoureusement exacte et très-détaillée de toute la contrée environnante. Rivières et petits cours d'eau, chemins de fer et sentiers, marais et bois, tout fut tracé. On releva jusqu'à la position et la force des diverses armes, infanterie, cavalerie et artillerie. Deux exemplaires de cette carte furent établis, le général en prit un et le second resta entre les mains de l'aéronaute, qui de son ballon captif suivait tous les mouvements de l'ennemi et, au moyen d'un fil télégraphique les faisait connaître, à l'instant même, au général.

Les troupes du Sud, ainsi observées, tentèrent en vain de percer les lignes ennemies. Chaque fois qu'elles essayaient une sortie, elles se heurtaient contre des forces supérieures et bien établies dans leurs positions. Le général Mac-Clellan leur infligea des pertes énormes et finit par les écraser. Comme à Fleurus, une large part du succès doit être ici attribué aux observations aérostatiques.

Les ballons pendant le siége de Paris. — Lorsque notre sol fut envahi par les armées prussiennes, lorsque Paris fut menacé d'un investissement, on songea aux ballons. Mais on n'avait d'autre matériel que celui qui servait aux ascensions foraines. MM. Nadard et Godard essayèrent cependant quelques ascensions en ballon captif. Les violents orages qui éclatèrent pendant tout le mois de septembre ne permirent d'en tirer aucun parti. Plus tard, il fallut renoncer à l'emploi des ballons captifs pour ne plus songer qu'à envoyer en province tout ce qu'on avait sous la main.

Lorsque M. Rampont, le nouveau directeur des postes, voulut organiser un service de voyages aériens, il convoqua dans son cabinet plusieurs aéronautes. Il fut décidé qu'on commencerait immédiatement la construction des aérostats et qu'en attendant, tous les ballons existants à Paris seraient réquisitionnés, malgré le mauvais état de la plupart d'entr'eux, pour être lancés avec une charge de lettres.

Deux ateliers furent organisés, l'un sous la direction de Godard, d'abord à la gare d'Orléans, ensuite à la gare de l'Est ; l'autre, sous celle de Nadard, à la gare du Nord. Quelques ballons furent encore dus à l'initiative de sociétés privées, le ballon *l'Égalité*, entr'autres, le plus gros de tous ceux qui ont été confectionnés pendant le siége.

Les travaux furent poussés avec la plus grande activité, car pendant les cinq mois que dura l'investissement de Paris il ne partit pas moins de 64 ballons, à peu près un tous les deux jours.

L'aéronaute Duruof partit le premier. L'un des trois frères Godard, Louis, fut le second, puis enfin vint le tour de Mangin ; mais on ne pouvait espérer

trouver un assez grand nombre d'aéronautes de profession pour suffire à tous les départs. M. Eugène Godard eut l'idée de former un personnel. Il s'adressa aux bataillons de marins enfermés dans Paris. Habitués à la lutte contre les éléments, à une admirable discipline, animés de ce dévouement dont ils ont donné tant de preuves, les marins furent rapidement mis au courant des manœuvres essentielles. Ce sont eux qui constituèrent l'élément principal du corps d'aéronautes improvisés, formé par Godard. Ce corps n'était malheureusement pas parfait, bien des connaissances théoriques lui faisaient défaut, aussi eut-on à déplorer quelques accidents et même deux sinistres.

Toutefois les résultats obtenus ont été immenses. On ne sera pas étonné que la commission parlementaire, qui eut plus tard à s'occuper de cette question, ait déclaré qu'en général les descentes s'étaient effectuées avec régularité, si l'on songe que, malgré l'insuffisance des moyens, sur les 64 ascensions du siège, 8 seulement ne se sont pas terminées heureusement. Cinq ballons tombés dans les lignes prussiennes ont été faits prisonniers, un, *la Ville d'Orléans*, voguait au-dessus des flots et semblait destiné à se perdre dans les mers du Nord, lorsqu'un heureux changement, dans la direction du vent, le jette sur les côtes de Norvège Enfin deux autres ont complètement disparu : le premier monté par le matelot Prince est allé s'abîmer non loin des côtes d'Islande, le second, monté par un soldat de l'armée de terre, Émile Lacaze, après être passé au-dessus de Rochefort a été entraîné vers l'Océan. Prince et Lacaze ont péri sans que l'on ait jusqu'ici trouvé aucune trace certaine de leur effroyable naufrage.

Dès le troisième départ, celui de *la Ville de Florence* monté par Mangin, M. Rampont remit à l'aéronaute plusieurs pigeons voyageurs. Quelques heures après, l'un de ces pigeons rentrait à Paris, annonçant l'heureuse issue du voyage et laissant ainsi espérer la possibilité d'établir, entre la province et Paris, un échange fréquent de correspondance. Une société fut aussitôt constituée, qui eut pour mission de se livrer à l'élevage de ces futurs messagers. Elle permit d'expédier en province 350 pigeons. Il est vrai que beaucoup d'entr'eux, imparfaitement dressés, s'égarèrent ou furent arrêtés en route. Paris en vit revenir 60 qui portaient plus de 100,000 messages fixés à une plume de leurs ailes! Combien les résultats eussent été plus brillants si, avant la guerre, on s'était préparé soit à l'organisation du matériel et du personnel aéronautique, soit à l'élevage des pigeons voyageurs ! Mais on s'est trouvé réduit à la nécessité de tout improviser à la hâte. Espérons du moins que la leçon ne sera pas perdue pour l'avenir.

Il ne serait pas juste de laisser passer sous silence l'invention qui a permis de confier à un seul pigeon jusqu'à 50,000 dépêches. Un opticien de Tours parvint à préparer, au moyen de la photographie, la reproduction microscopique, sur papier, des dépêches que l'on destinait à Paris. Les premiers pigeons apportèrent 14.000 de ces dépêches. Peu après, M. Dagron part de Paris, en ballon, et arrive à Tours avec ses pellicules de collodion qu'il vient d'inventer. Grace à ces pellicules et à un système de réponses par *oui* et par *non* à certaines questions essentielles indiquées dans des lettres venues par ballon, on put faire tenir, sur six pellicules, dont le poids total n'excèdait pas un gramme, ces 50,000 dépêches confiées à un seul pigeon. Il n'en fut pas expédié moins de 2,500,000 de la province sur Paris.

Les progrès de l'art aéronautique pendant le siége sont demeurés à peu près nuls, si l'on excepte l'essai tenté par M. Dupuy de Lome dont nous parlerons à propos de la direction des ballons; mais les services rendus par les aérostats ont cependant été tels qu'il n'est personne qui puisse les nier. Ils ont frappé non-seulement la France, mais toutes les nations militaires.

L'Angleterre fait, depuis 1871, de fréquentes expériences à Woolwich. L'Italie

s'occupe activement de la question. L'Autriche se livre aussi à l'étude des ballons militaires.

L'Allemagne, malgré le peu de capacité aéronautique qu'elle a montré jusqu'ici, est loin de négliger les ballons depuis qu'elle a pu en apprécier les avantages. Avant la guerre, les Prussiens n'avaient pas de pigeons voyageurs, ils ont, depuis lors, installé des pigeonniers militaires un peu partout. Ils ont institué une commission militaire aérostatique qui compte parmi ses membres M. Helmholtz l'un des savants les plus illustres de l'Allemagne. Une question les occupe surtout. Les ascensions ne les tentant guère, ils s'efforcent d'arriver à la découverte d'un engin de destruction assez puissant pour atteindre les ballons. Pendant la guerre ils avaient déjà trouvé le mousquet à ballon; mais les résultats obtenus n'ont pas été heureux aussi leur commission militaire aérostatique continue activement ses recherches.

Enfin la Russie, de son côté, fait de nombreux essais dont la direction est remise aux soins de M. le colonel d'état-major Lobko.

La France ne reste pas en arrière. Une commission militaire est instituée et nous avons fait connaître, d'après M. le colonel Laussedat, certains résultats obtenus par elle. Il én est d'autres qu'elle poursuit avec zèle, mais dont elle garde précieusement le secret.

L'art aéronautique, longtemps délaissé, est en ce moment à l'étude dans tous les pays. Nous verrons en parlant des ballons dirigeables que des esprit sérieux, éclairés, font des recherches fructueuses qui permettent d'espérer de grandes améliorations.

IV. — LES DIVERSES PARTIES D'UN AÉROSTAT. FORCE ASCENSIONNELLE. — PARACHUTE.

Enveloppe. — L'enveloppe est généralement sphérique, mais elle s'allonge à la partie inférieure et se termine par un orifice qui demeure toujours béant, cette disposition permet au gaz de s'échapper lorsqu'il prend une tension telle que, sans cette précaution, l'enveloppe serait exposée à des déchirures.

Elle doit être légère, résistante et imperméable. Cette dernière condition n'est jamais complètement atteinte; on arrive, cependant, à un résultat très-satisfaisant en recouvrant le tissu employé d'un vernis dans lequel entrent des huiles siccatives, des dissolutions de caoutchouc et, surtout, de la gélatine. On se rapproche ainsi des corps vitreux qui, seuls, sont imperméables à l'hydrogène. Mais le vernis le plus communément employé, surtout pour les ascensions ordinaires, est formé d'huile de lin que l'on réduit aux deux tiers par l'ébullition.

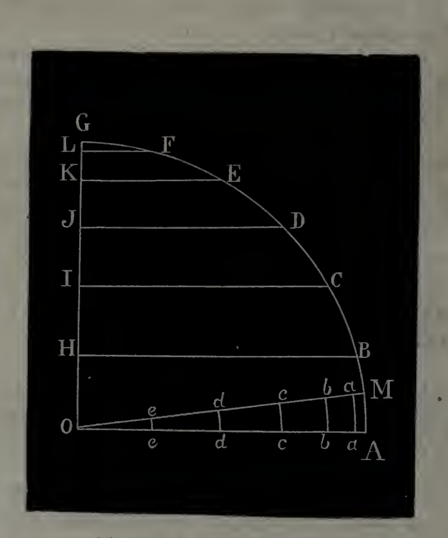
Une bonne étoffe de soie, en double épaisseur, satisfait très-bien aux deux conditions de légèreté et de résistance. Pendant longtemps on n'en a pas employé d'autre. Toutefois la soie est d'un prix fort élevé, aussi, de nos jours, la remplace-t-on le plus souvent par la percaline.

Quel que soit le tissu adopté, la manière de le découper pour arriver à la confection de l'enveloppe, ne varie pas. Elle consiste à détacher de la pièce d'étoffe, d'après un patron déterminé par un procédé géométrique, des bandes, ou fuseaux que l'on n'a plus ensuite qu'à coudre ensemble.

Voici comment s'obtient le patron : sur le quart de cercle A G, on prend, de A en G, la longueur du rayon O A, on en fait autant de G en A, ce qui donne les deux points E et C. Le quart de cercle se trouve ainsi divisé en triois arcs égaux A C, C E et E G. On prend les milieux de ces trois arcs et l'on a six noulveaux arcs égaux entr'eux A B, B C, C D, D E, E F et F G qui représentent chacun a vingt-quatrième partie de la circonférence entière. Traçons les lignes H B, I C,

J D, K E et L F parallèles au rayon O A. Cela fait, prenons au point M le milieu de l'arc A B et traçons la ligne O M ; ensuite du point O, comme centre, avec les rayons H B, I C, J, D, K E et L F, décrivons successivement les arcs *a a*, *b b*, *c c*, *d d*, *e e*, fig. 6 et 7.

Supposons maintenant, la demi-circonférence, dont le rayon est O A, développée suivant la ligne droite S R, que l'on a obtenue en portant douze fois la longueur de l'arc A B et soient *a' b' c'*, etc..., les points correspondants à ces douze longueurs, il ne reste plus qu'à décrire du point P comme centre avec A M pour rayon deux arcs de cercle ; du point *a'* comme centre et avec le rayon *a a*, deux seconds arcs de cercles ; du point *b'* comme centre avec le rayon *b b* deux autres arcs de cercle et ainsi de suite, puis à tracer les deux courbes S T R et S V R tangentiellement à tous ces arcs de cercles et l'on aura le patron du fuseau. En découpant 24 lambeaux d'étoffe sur ce modèle et en cousant ensemble tous



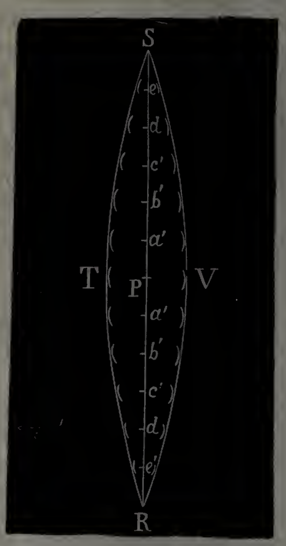


Fig. 6 et 7. — Tracé géométrique du patron des 24 fuseaux de l'enveloppe.

ces lambeaux on obtient une sphère à peu près parfaite dont le rayon est égal à celui du quart de cercle O A G.

Veut-on, par exemple, confectionner l'enveloppe d'un ballon pouvant contenir environ 2000 mètres cubes de gaz ? Il faudra que le patron du fuseau soit donné par un quart de cercle de 8 mètres de rayon. Alors en effet d'après la formule :

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

le volume obtenu sera exactement de 2144 mètres cubes.

Filet-Nacelle. — Un filet recouvre complètement l'enveloppe en soie ou en percaline du ballon. Les mailles en sont assemblées un peu au-dessous de l'équateur, de manière à donner 32 cordelettes qui sont solidement fixées à un cercle en bois. A ce cercle sont attachées les cordes qui portent la nacelle. Celle-ci, qui doit joindre la solidité à la plus grande légèreté possible, est généralement en osier et les cordes qui la soutiennent sont tressées dans l'osier même. Les premiers aérostats étaient dépourvus du cercle en bois, il fallait donc que l'ancre

fut directement reliée à la nacelle. Cette lacune devait, surtout par les temps orageux, rendre la descente périlleuse, en exposant la nacelle à être renversée par une secousse trop brusque. Aujourd'hui la corde de l'ancre est fixée au cercle en bois ce qui diminue considérablement le danger, fig. 8.

Guide-rope. — Ancre. — Le guide-rope, ainsi que nous l'avons dit à propos de l'aéronaute anglais Green qui l'a imaginé, consiste en une longue corde qu'on laisse traîner à terre, dès que l'aérostat est assez bas.

Quelquefois, pour augmenter le frottement qu'elle produit en glissant sur le sol, cette corde est armée, de distance en distance, de crins dressés autour d'elle à la façon des pointes d'un hérisson, fig. 9.



Fig. 9. — Guide-rope.

Fig. 8. — Ballon ordinaire tel qu'on en construit de nos jours.

Fig. 10. — Ancre.

L'ancre n'est jetée que lorsque le guide-rope a déjà ralenti la marche du ballon. Assez semblable aux ancres marines, dans la disposition de ses éléments, si non quant à ses dimensions, elle se compose d'une tige en fer dont l'extrémité supérieure est pourvue d'un anneau, auquel vient s'attacher la corde qui la relie à l'aérostat et d'une crosse soudée à l'extrémité inférieure de la tige. La crosse est constituée par deux bras en fer, recourbés en arc de cercle et terminés, l'un et l'autre, par une sorte de crochet analogue à un hameçon, fig. 10.

Soupape. — Parmi les parties essentielles d'un aérostat, l'une des plus délicates est, sans contredit, la soupape. Bien des modifications ont été proposées; mais aucune d'elles n'a prévalu sur la soupape à clapets, soit que leur mécanisme parut trop fragile, soit simplement en vertu de l'habitude prise, cette force si puissante.

La soupape employée actuellement est à deux clapets mobiles autour d'une charnière et s'ouvrant de haut en bas. La charnière est soutenue par une tige rigide qui est elle-même assujettie au point culminant de l'enveloppe du ballon. Deux lanières en caoutchouc relient les bords extérieurs de chaque clapet à la

partie supérieure de la tige rigide et tendent à maintenir la soupape fermée. Du reste pour que la fermeture de la soupape soit parfaite, jusqu'au moment où on s'en sert pour la première fois dans le cours d'une ascension, les bords en sont recouverts de mastic, fig. 11.

Au-dessous des clapets sont adaptées deux cordelettes qui vont se réunir à peu de distance et forment ainsi la corde qui, traversant l'intérieur du ballon et le cercle en bois, arrive jusqu'à la nacelle à portée de la main des aéronautes. Si, lorsque le ballon est dans les airs, on désire qu'il descende on tire cette corde : le mastic qui garnit les clapets est arraché, ceux-ci s'abaissent et le gaz s'échappe. Dès qu'on lache la corde, les clapets remontent, sous l'action des lanières en caoutchouc et vont s'appliquer contre le disque circulaire placé au sommet du ballon et auquel est adapté tout le système.

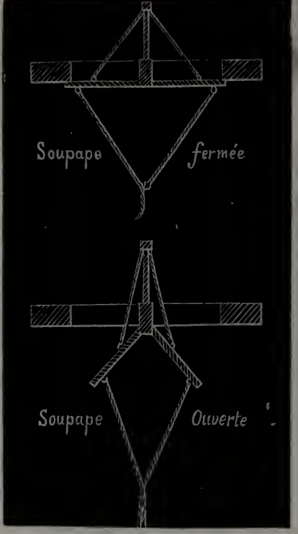


Fig. 11. — Soupape à clapets

Force ascensionnelle. — La force ascensionnelle d'un ballon est l'intensité de la poussée qu'il reçoit de bas en haut. Elle est égale, en vertu du principe d'Archimède, à la différence de poids qui existe entre le ballon et un égal volume d'air extérieur. L'air à la température de 0° et sous la pression normale de $0^m,760$ pèse $1^k,299$ par mètre cube. La densité de l'hydrogène, par rapport à l'air est 0,0688, un mètre cube d'hydrogène pésera donc :

$$1,299 \times 0,0688 = 0^k,089,$$

et la force ascensionnelle, pour un mètre cube d'hydrogène, serait :

$$1,299 - 0,089 = 1^k,210,$$

si le poids du ballon consistait seulement en celui de l'hydrogène qu'il renferme. Mais à ce poids il faut ajouter ceux de l'enveloppe, du filet, de la nacelle pourvue de ses accessoires, et des aéronautes. Supposons que nous veuillons évaluer la force ascensionnelle d'un ballon gonflé d'hydrogène, dont le volume est de 2000 mètres cubes. Si le poids de l'enveloppe du filet, de la nacelle est égal à 250 kil. et celui de trois aéronautes, qui doivent être enlevés, à 225 kil.

Le poids total, sauf le lest, sera :

Poids du gaz : 0,089 × 2000	178	kil.
Poids du matériel	250	—
Poids des aéronautes	225	—
Total	653	kil.

or le poids de 2000 mètres cubes d'air étant $1,299 \times 2000 = 2598$, la force ascensionnelle sera dans ce cas :

$$2598 - 653 = 1945 \text{ kil.}$$

On pourrait donc avec une force ascensionnelle aussi élevée, emporter une énorme provision de lest ; beaucoup plus, à coup sûr, que cela n'est nécessaire dans la plupart des ascensions. Le calcul précédent montre qu'un ballon de 2000 mètres cubes, gonflé à l'hydrogène, peut très-bien emporter une dizaine

de voyageurs, sans que sa manœuvre ait à en souffrir, puisqu'il serait encore permis d'avoir plus de mille kil. de lest.

Il est vrai qu'on emploie, de nos jours, fort peu l'hydrogène. Celui-ci est presque toujours remplacé, même pour des ascensions à grande hauteur, par le gaz d'éclairage, ou hydrogène carboné, que les usines à gaz fournissent très-commodément et à peu de frais. Sa densité, par rapport à l'air, est 0,434.

En reprenant l'hypothèse de tout à l'heure, d'un ballon de 2000 mètres cubes. Ce ballon, gonflé au gaz d'éclairage, monté par trois aéronautes, aurait un poids total de 1588 kil. sa force ascensionnelle serait :

$$2598 - 1588 = 1010 \text{ kil.}$$

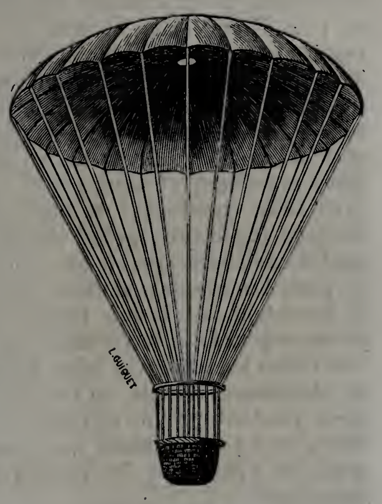


Fig. 12. — Parachute.

Elle permettrait encore d'emporter une provision de lest suffisante pour la plupart des ascensions.

Nous avons négligé, dans l'évaluation de la force ascensionnelle plusieurs circonstances que l'aéronaute doit prendre en considération avant le départ. Parmi ces circonstances, il en est une très-importante, celle du gonflement incomplet du ballon.

L'aéronaute doit prévoir qu'à mesure que le ballon s'élève, la pression extérieure diminuant, le gaz enfermé dans l'enveloppe se dilate. Dès lors, si le ballon était complètement gonflé, au moment du départ, le gaz commencerait bientôt à s'échapper et la force ascensionnelle irait en décroissant, de même qu'elle décroît lorsqu'on lâche du gaz en ouvrant la soupape. Si au contraire, le gonflement est incomplet, la force ascensionnelle reste, à peu de chose près, ce qu'elle était au départ jusqu'au moment où le gaz intérieur atteint un degré suffisant de dilatation pour remplir la capacité entière de l'enveloppe.

Parachute. — La disposition d'un parachute lui donne assez exactement l'aspect d'un vaste parapluie, dont les baleines seraient remplacées par des cordes. Ces cordes réunies deux à deux sont attachées à un cercle, et le cercle supporte une nacelle. Nous retrouvons, avec des dimensions moindres, le même système de suspension que pour les aérostats, fig. 12.

Lorsqu'un parachute est détaché d'un ballon, il descend avec une rapidité d'abord très-grande, mais qui va se ralentissant presqu'aussitôt.

On a pu établir, par le calcul, le maximum de vitesse que peut atteindre un parachute de dimensions déterminées et portant un poids donné. Ce calcul, basé sur la résistance des fluides, indique, que pour un parachute de 8 mètres de diamètre, portant 85 kil., le maximum de vitesse qu'il puisse avoir en arrivant à terre, est égal à $4^{m},25$ par seconde. Une telle vitesse n'aurait déjà rien d'excessif et permettrait d'arriver jusqu'au sol sans accident; mais elle est toujours, en réalité, inférieure à ce chiffre, parce que dans le calcul, on néglige certains éléments de résistance qui s'ajoutent à la résistance éprouvée par le parachute lui-même.

Du reste, si le poids à porter diminue, ou bien si le diamètre du parachute augmente, la vitesse de la descente décroît à son tour, tandis qu'elle croît dans le cas contraire.

V. — DIRECTION DES AÉROSTATS.

L'expérience d'Annonay était à peine connue, qu'on ne tardait pas à concevoir l'espérance de diriger les aérostats. L'académie des sciences elle-même, dans sa séance du 23 décembre 1873, déclarait sans hésiter, que la solution de cette question lui paraissait très-probable. On vit apparaître en foule, les essais les plus divers; mais les difficultés étaient beaucoup plus grandes qu'on ne l'avait prévu, ainsi que le démontra bientôt l'insuccès d'une multitude de tentatives. Peu à peu, les hommes de savoir et d'expérience perdirent tout espoir. Quelques années après le premier engouement, la recherche de la direction des ballons, abandonnée des esprits sérieux, n'était plus poursuivie que par quelques fantaisistes, plus riches en imagination qu'en connaissances suffisantes. Elle a cependant été reprise de nos jours, d'abord par M. Henri Giffard en 1852 et en 1855, ensuite par M. Dupuy de Lôme pendant le siège de Paris. Grâce à ces deux ingénieurs, grâce surtout à M. Dupuy de Lôme qui s'est livré sur ce sujet à une étude approfondie, un pas immense vient d'être fait. Le principe est posé. Les résultats annoncés par le calcul ont été confirmés par l'expérience. En persistant dans la voie tracée, on arrivera plus ou moins vite, mais, il est permis aujourd'hui de l'affirmer, on arrivera au but.

Si toutes les tentatives faites après la découverte des frères Montgolfier, avaient été absolument stériles, on s'expliquerait très-bien l'abandon dans lequel a été laissé pendant près de soixante ans, la recherche de la direction des ballons. Mais n'est-il pas étonnant, que jusqu'à nos jours, nul n'ait songé à mettre à profit, et à continuer les remarquables travaux de Guyton de Morveau et de Meusnier ?

Leurs mémoires contiennent cependant des données précieuses. On verra même que, plusieurs des dispositions indiquées par Meusnier ont été adoptées, au moins en principe, par M. Giffard ou par M. Dupuy de Lôme.

Quant aux innombrables appareils construits sans aucun esprit de méthode, il est parfaitement inutile de s'en occuper. Signalons, dans le nombre, celui de Blanchard. Il est l'un des mieux conçus, et permettra de juger la valeur des autres.

Bateau-volant de Blanchard. — Blanchard, mécanicien habile, fécond en idées ingénieuses, avait imaginé, dès 1780, un appareil auquel il donnait le nom de *bateau-volant.*

Trop convaincu, grâce à une présomption peu commune, du mérite de ses inventions, il ne manquait pas de convier, à chacune de ses nombreuses expériences, une multitude de spectateurs auxquels il annonçait, toujours avec la même assurance, un succès infaillible. Mais, est-il nécessaire de le dire ? il eut beau modifier et perfectionner sans cesse, son bateau-volant ne vola jamais.

Plein de dépit, aiguillonné par les railleries de la foule, Blanchard ne se lassait pas. Il poursuivait encore sa chimère au moment où la découverte des aérostats vint mettre à sa disposition une force ascensionnelle dont l'absence l'avait seule, croyait-il, empêché jusque-là de voler : « Je rends, s'écria-t-il avec son emphase habituelle, un hommage pur et sincère à l'immortel Montgolfier, sans le secours duquel j'avoue que le mécanisme de mes ailes ne m'aurait peut-être jamais servi qu'à agiter un élément indocile qui m'aurait obstinément repoussé sur la terre comme la lourde autruche, moi qui comptais disputer à l'aigle le chemin des nues. »

Le bateau-volant consistait en une nacelle oblongue pourvue de six ailes ou rames, et surmontée d'une sorte de parachute. Blanchard s'emparait de tout ce qu'il supposait apte à seconder le vol de son bateau. Le Normand venait récemment d'inaugurer l'usage du parachute, Blanchard adaptait un parachute à sa nacelle; les aérostats surviennent, Blanchard s'en saisit, sans supprimer, bien entendu, le parachute. Celui-ci surmontait la nacelle; l'aérostat, à son tour, ira se placer au-dessus du parachute.

C'est le 4 mars 1784 que fut fait le premier essai de cet assemblage peu raisonné de pièces. Blanchard prit place dans la nacelle avec dom Pech, moine bénédictin, très-enthousiaste de tout ce qui touchait à l'aérostatique. Il se croyait certain, cette fois, de pouvoir diriger son appareil à son gré. Mais le poids à soulever se trouva trop lourd et le ballon eût beaucoup de peine à monter jusqu'à une hauteur de 5 ou 6 mètres. Cette circonstance fut, du reste, très-heureuse, car l'enveloppe trop tendue, subit une déchirure qui amena aussitôt une lourde chute. Les deux aéronautes, malgré la rude secousse éprouvée, n'eurent aucun mal; toutefois cet accident suffit pour calmer l'ardeur du bénédictin. Dès qu'il eut touché le sol, dom Pech s'enfuit au plus vite, pour ne plus reparaître.

Quant à Blanchard, il remonte bientôt dans sa nacelle et l'aérostat, suffisamment allégé par le départ du moine, ne tarde pas à s'élever vers les hautes régions.

Dans son aveugle confiance, il avait fait inscrire sur l'étoffe du ballon, sur les banderolles, cette fière devise : *sic itur adastra* ; il n'avait pas craint d'annoncer, tandis que s'opéraient au Champ-de-Mars les préparatifs de son ascension, que son intention était de se diriger vers le Nord, pour aller descendre à La Villette. Hélas ! les vents le portèrent au Sud; il descendit à Billancourt.

La déconvenue fut complète. Les railleries, les pamphlets, les injures le poursuivirent longtemps. Sa téméraire devise devint une source intarissable d'épigrammes, parmi lesquelles en voici une dont le succès dut bien souvent torturer le malheureux inventeur :

Au Champ-de-Mars il s'envola,
Au champ voisin il resta là;
Beaucoup d'argent il ramassa;
Messieurs, sic itur adastra.

Blanchard ne se laissa pas arrêter par les sarcasmes. Il ne put se décider à renoncer à ses espérances sans avoir tenté de nouveau la fortune. Cependant, il finit, après plusieurs essais aussi infructueux que le premier, par laisser de côté rames et parachute, pour ne plus opérer que des ascensions ordinaires, dont quelques unes ont été rappelées précédemment. Il est juste de reconnaître que son habileté, son courage et le grand nombre de ses voyages, le placent au premier rang parmi les aéronautes.

Le ballon de l'Académie de Dijon. — Expériences de Guyton de Morveau. — Lorsqu'en 1793, Guyton de Morveau proposait à la Convention de mettre des ballons captifs au service des armées en campagne, la question n'était pas nouvelle pour lui. Il s'en était occupé, neuf ans avant cette époque, au moment où les essais de direction étaient en pleine vogue. La description de son appareil dirigeable et le compte-rendu de ses expériences, sont consignés dans un mémoire dont nous trouvons de nombreux extraits dans les *Merveilles de la science* de M. Louis Figuier.

L'académie de Dijon ouvrait, en 1784, une souscription dont le produit devait être affecté à la construction d'un beau ballon à hydrogène. C'est avec ce ballon, auquel il ajouta diverses pièces destinées à le rendre dirigeable, que Guyton de Morveau, membre de cette académie, opéra ses ascensions.

L'enveloppe de l'aérostat était en soie recouverte d'un vernis gras et siccatif. Un filet en tresse de ruban, large de 36 millimètres, la recouvrait jusqu'au milieu et venait s'attacher à un cercle en bois formant équateur, duquel partaient les cordes de suspension de la nacelle. Deux grandes voiles rectangulaires, maintenues par des cadres en bois avaient été fixées à ce cercle; la première, à l'avant, pour fendre l'air, la seconde, à l'arrière, pour servir de gouvernail. Ce dernier pouvait être mis en mouvement au moyen de deux cordes. Le cercle en bois portait encore, à égale distance de la proue et du gouvernail, deux grandes rames que l'on manœuvrait à volonté de la nacelle. Quatre autres rames, de moindre dimension, étaient adaptées à la nacelle. Enfin l'orifice inférieur du ballon, au lieu de rester béant, était fermé par une soupape qui s'ouvrait d'elle-même sous l'effort d'une pression intérieure suffisante. Une corde permettait, d'ailleurs, de l'ouvrir en cas de nécessité.

Chacune de ces dispositions avait été prise dans un but déterminé. La tresse de ruban, formant le filet, n'offre pas de saillies sur l'enveloppe, quand celle-ci est bien tendue, elle s'incruste fort peu dans cette même enveloppe lorsque le ballon commence à se dégonfler; dans les deux cas elle présente moins de rugosités que les filets en cordes, et diminue ainsi la résistance de frottement, pendant la marche contre le vent. La voile de l'avant, outre qu'elle tend aussi à diminuer la résistance en coupant la colonne d'air, concourt avec le gouvernail, à empêcher le ballon de tourner sur lui-même et à le maintenir dans une direction fixe. Grâce à la soupape inférieure, le gaz ne peut plus s'échapper avant que la tension intérieure soit devenue assez forte pour exposer l'enveloppe à des déchirures. Elle permet de ne perdre que la quantité de gaz jugée nécessaire.

Parmi les ascensions que Guyton de Morveau exécuta, tantôt avec l'abbé Bertrand, tantôt avec de Virly, l'une des plus remarquables est celle du 12 juin 1784. Le départ eut lieu à Dijon, à 7 heures du matin. De Virly avait pris place dans la nacelle à côté de Guyton de Morveau.

Un vent très-faible soufflait dans la direction nord-ouest. Les voyageurs s'étaient munis de boussoles et d'instruments leur permettant de mesurer la vitesse du vent, ainsi que celle de leur propre marche; ils suivaient, sur une carte, la route parcourue, ce qui leur était facile parce que de la faible hauteur à laquelle ils se maintenaient, ils pouvaient aisément reconnaître les villages, les bois, les chemins au-dessus desquels ils passaient.

Après être demeurés un certain temps livrés à l'impulsion du vent, Guyton de Morveau et de Virly commencent leurs manœuvres : « Le gouvernail, écrit Guyton, déplaçait l'arrière et portait le cap du côté que nous désirions, en changeant chaque fois la direction d'environ 3 ou 4 degrés sur la boussole.... Les rames jouant d'un seul côté, appuyaient le gouvernail et hâtaient le déplacement; *jouant ensemble elles faisaient aller en avant.* » Ils parvinrent donc à suivre pendant quelque temps une direction oblique à celle du vent, après quoi ils laissèrent de nouveau le ballon livré à lui-même. Cette manœuvre, plusieurs fois renouvelée, eut toujours un égal succès, tant que l'atmosphère demeura fort peu agitée; mais la force dont ils disposaient devenait inefficace dès que le vent prenait une certaine intensité.

Vers 9 heures, ils manœuvrent de manière à se diriger vers leur point de départ. L'air, en ce moment, est très-calme, ils espèrent réussir. Pour que leur retour ne puisse pas être attribué à un heureux hasard, de Virly laisse tomber à terre un billet attaché à une pelote et mentionnant leur intention formelle de faire route vers Dijon : « Ayant viré par le gouvernail, continue Guyton de Morveau, nous fîmes force de rames et *nous voguâmes en effet dans la direction voulue sur une longueur d'environ 200 toises.* Nous aurions rempli probable-

ment notre projet, si nous eussions pu suffire au travail qu'il exigeait; mais la chaleur et la fatigue nous obligèrent à le suspendre. » Il fallut se décider à atterrir au village d'Etevaux.

Le lendemain, toujours poursuivis par le désir de rentrer à Dijon en ballon, Guyton de Morveau et de Virly remettent leur appareil en état; mais un coup de vent survient, pendant que des paysans retiennent encore les cordages, et jette violamment la nacelle contre terre. Les agrès sont détériorés. Il faut désapareiller à la hâte sous peine de tout briser.

Les deux aéronautes furent obligés de se contenter d'un vulgaire retour en voiture. Auraient-ils réussi sans l'accident survenu? C'est possible, à la condition que l'air se maintînt assez longtemps dans un calme complet; quoi qu'il en soit, quelques résultats furent obtenus. Mais Guyton de Morveau et de Virly durent se convaincre de l'insuffisance des bras de l'homme comme moteur. Ils ont reconnu en outre, combien il leur était difficile de maintenir leur appareil dans la direction voulue: « Lorsque le vent était sensible, dit, à ce sujet, Guyton, la résistance latérale de l'avant décidait peu à peu l'aérostat à prendre une position parallèle au courant, la proue fendant l'air. Par un vent moins fort, le gouvernail restant dans le milieu de l'arc de sa révolution sans y être assujetti, s'est quelquefois présenté le premier et nous marchions par l'arrière. Quelquefois aussi, l'avant et le gouvernail faisaient voile et nous étions portés quelques instants par le travers; mais cela ne durait qu'autant que nous ne faisions aucune manœuvre. »

Guyton de Morveau ne se laissait donc pas éblouir par de trop grandes illusions. Il savait qu'il n'arriverait pas à remonter un courant aérien même assez faible; mais ses premiers succès, quelque modestes qu'ils aient été, pouvaient lui permettre d'obtenir mieux s'il avait persisté dans ses recherches. D'autres préoccupations l'en ont détourné.

Ascension du duc de Chartres et des frères Robert. — Travaux de Meusnier. — En même temps que Guyton de Morveau, à Dijon, un ingénieur militaire du plus grand mérite, Meusnier, se livrait à Paris à des études dont le but était le même: la direction des aérostats. Meusnier était compté parmi les premiers physiciens et géomètres de son temps. Les calculs qu'il avait déjà faits ses plans, ses devis, les idées nouvelles qu'il venait d'émettre sur la forme et la construction de l'appareil dirigeable inspiraient la plus grande confiance. Les frères Robert, les plus habiles constructeurs de ce temps, se mettent à l'œuvre et fabriquent un aérostat inspiré par les indications de Meusnier.

L'ascension est annoncée pour le 15 juillet 1784; elle aura lieu à Saint-Cloud. Le duc de Chartres, avec Collin-Hullin, doit prendre place dans la nacelle à côté des deux frères Robert. Le 15 juillet, dès la première heure du jour, une foule énorme, accourue de Paris, se presse autour de l'enceinte réservée aux préparatifs. La présence du duc de Chartres ajoute encore, s'il est possible, à la conviction de tout ce monde. On croit au succès. Le premier enthousiasme causé par la découverte des ballons n'avait pas encore eu le temps de se calmer et l'on s'attendait tous les jours à de nouvelles surprises. Au moment du départ, l'anxiété devient telle, que les personnes placées en arrière obligent, par leurs pressantes réclamations, celles des premiers rangs à mettre le genou à terre. Chacun veut jouir du spectacle si impatiemment attendu.

Au milieu du vaste cercle des curieux, la nacelle, armée de deux grandes rames, est déjà à sa place. Au-dessus d'elle se balance un ballon d'une forme inusitée. Ce ballon n'est pas sphérique; il est allongé dans le sens horizontal et présente une longueur de 18 mètres, tandis que celle du diamètre vertical n'est que de 12 mètres. A l'arrière est fixé un gouvernail. Cet ensemble a quelque

chose de l'aspect d'un énorme poisson. Et la ressemblance n'est pas dans la forme seulement : les poissons possèdent une vessie natatoire qui se dilate ou se comprime selon qu'ils veulent monter ou descendre dans l'eau ; de même, l'aérostat est pourvu d'une poche à air, suspendue dans la grande enveloppe, et communiquant, au moyen d'un tube, avec une pompe foulante placée dans la nacelle.

Grâce à ce système, les aéronautes pourront s'élever et s'abaisser aussi souvent qu'ils le désireront, sans avoir recours ni au lest, ni à la soupape. Quand ils voudront descendre, ils feront manœuvrer la pompe et une certaine quantité d'air ordinaire ira se condenser dans la poche ; pour monter, ils n'auront qu'à laisser celle-ci communiquer librement avec l'extérieur, et l'air comprimé se dégagera.

Le jour fixé pour l'ascension, s'annonçait comme peu favorable à une expérience aérostatique. Le temps était orageux. De gros nuages noirs, poussés dans des directions et avec des vitesses différentes, indiquaient que plusieurs courants luttaient les uns contre les autres, dans les hautes régions de l'atmosphère. Il eût été prudent, pour la sécurité des voyageurs et pour ne pas compromettre le succès espéré, d'ajourner le départ. On craignit, sans doute, l'explosion de colère qui ne manquerait pas de s'élever du sein de la foule entassée dans le parc de Saint-Cloud. Le duc de Chartres, qui devait être plus tard Philippe-Egalité, redoutait, plus encore que les cris d'un public mécontent, le persiflage de la cour. Il n'entretenait, déjà à cette époque, avec la famille royale, que des relations assez froides. Cela donnait toute hardiesse à ses nombreux détracteurs. De quel ridicule allait-on le couvrir, s'il reculait ! Ne dirait-on pas, comme après le combat d'Ouessant, qu'il avait eu peur ?

L'ascension ne pouvait être différée. Elle eut lieu malgré tout, mais elle faillit être tragique.

En quelques minutes, l'aérostat, emporté au milieu des nuages, se dérobe aux yeux des spectateurs. La forme du ballon et la grande voile qui sert de gouvernail concourent pour que l'action du vent s'exerce dans toute sa puissance. Le ballon tourne sur lui-même, s'élève et s'abaisse par bonds effrayants. Est-il possible de manœuvrer au milieu de ces évolutions désordonnées ? On n'y songe même pas. Bien plus, on arrache le gouvernail qui augmente le danger, on jette les rames pour diminuer le poids et atteindre des régions plus calmes. Le ballon monte en effet, secondé par un coup de vent qui souffle de bas en haut. Mais un nouveau danger se présente aussitôt. Les cordes qui tenaient la poche à air suspendue dans l'enveloppe, ont été coupées pendant la tourmente et la poche est tombée de manière à obstruer l'orifice inférieur du ballon. Or, la région des nuages est dépassée, les rayons du soleil tombent maintenant sans obstacle sur l'aérostat et l'hydrogène échauffé tend à se dilater. La tension intérieure, encore augmentée par la diminution de la pression atmosphérique, menace de faire éclater l'enveloppe. Le danger augmente à chaque instant, car on continue à monter. L'altitude de 5000 mètres va être atteinte. La poche à air bouche toujours la seule issue par laquelle le gaz pourrait s'échapper, elle adhère d'autant mieux que la pression intérieure est plus forte. Les aéronautes, debout sur les bords de la nacelle, essayent de dégager l'orifice avec des batons ; tous leurs efforts demeurent impuissants. Le péril est imminent ; il n'y a plus à hésiter ; il faut recourir à des moyens extrêmes.

Des drapeaux dont la hampe se termine par un fer de lance, ornent la nacelle, le duc de Chartres en saisit un et s'en sert pour percer l'enveloppe. Aussitôt, l'hydrogène s'échappe avec tant de force qu'il agrandit l'ouverture. Le ballon descend avec une vitesse effrayante. Cela ressemble à une chute. Heureusement, la déchirure, malgré les dimensions qu'elle peut avoir prise, ne dépasse pas la

partie inférieure de l'aérostat et la vitesse se ralentit peu à peu à mesure que le sol approche. Enfin, après tous ces périls, les aéronautes parviennent à atterrir sains et saufs.

C'est la seule fois que le ballon du 15 juillet 1784 ait été employé, et il faut bien reconnaître que, si son mérite devait être jugé d'après le résultat obtenu, il ne pouvait être tenu en grande faveur.

Mais Meusnier n'a jamais prétendu qu'il fût possible de résister complétement aux courants atmosphériques et, surtout à une tempête formidable. Affronter l'ouragan qui faillit être fatal au duc de Chartres et aux frères Robert, était une entreprise condamnée à demeurer stérile. Il est permis, en outre, de s'étonner que le ballon n'eut pas été muni d'une soupape à la partie supérieure. Le rôle de celle-ci, par suite de l'adoption de la poche à air, devenait, il est vrai, secondaire, nul même, dans beaucoup de cas; mais sa présence n'en conservait pas moins une utilité très-grande pour prévenir une foule d'accidents. Elle eut suffi pour parer au danger d'une déchirure dans l'expérience du 15 juillet.

Malgré l'insuccès de cette tentative, que du reste, il n'avait pas dirigée lui-même, Meusnier continua longtemps encore ses études sur la direction des aérostats : « Le général Meusnier, dit à ce sujet M. le colonel Laussedat, le général Meusnier mort de ses blessures, à Mayence en 1793, à l'âge de 40 ans, avait consacré dix années de sa trop courte existence à la solution du problème si délicat de la navigation aérienne. Il avait approché du but autant qu'on le pouvait faire de son temps.... Ses mémoires contiennent un projet d'aérostat dirigeable, dans lequel la forme allongée du ballon, l'emploi de l'hélice et celui du gouvernail sont non-seulement indiqués, mais élucidés, illustrés, comme on dirait aujourd'hui, par des dessins, des calculs et des devis nécessaires pour en arriver à l'exécution. »

Meusnier avait fait ses premiers calculs en vue de l'emploi d'un ballon sphérique; mais il comprit bientôt qu'un tel ballon, trop sujet à tourner sur lui-même, rendrait impossible tout essai de direction dans un sens déterminé. Guyton de Morveau s'était efforcé de combattre cet inconvénient au moyen de la grande voile qu'il fixait à l'avant; Meusnier chercha le remède dans la forme même de l'appareil; c'est ce qui l'a conduit à l'adoption d'un aérostat oblong.

L'état des arts mécaniques à l'époque où il vivait, ne lui offrait rien qui valut les bras de l'équipage, comme force motrice; mais au lieu de faire agir la force musculaire sur des rames, ainsi qu'on l'avait toujours fait jusque-là, il songeait à l'employer pour imprimer, au moyen d'une manivelle, un mouvement de rotation à un axe horizontal porté par la nacelle et muni, à son extrémité, d'ailes disposées comme les ailes d'un moulin à vent. L'axe, en tournant, aurait entraîné les ailes; celles-ci auraient frappé l'air et reçu de lui une impulsion qui se serait transmise à la nacelle. Le principe du mécanisme de Meusnier n'était autre, en un mot, que celui de l'hélice.

L'appareil devait être complété par une voile formant gouvernail et par la poche à air dont il a été question à propos de l'ascension du 15 juillet.

Meusnier, de même que Guyton de Morveau, se rendait un compte exact de la faiblesse des moyens de propulsion dont il lui était permis de disposer. Il avait reconnu que la vitesse propre de son appareil ne dépassait pas une lieue à l'heure, vitesse très-inférieure à une faible brise. Mais il eut l'idée heureuse de tirer parti de l'état ordinaire de l'atmosphère. Il règne presque constamment dans l'atmosphère des courants dont la direction est variable et qui, tantôt glissent à la surface du sol, à côté les uns des autres, tantôt sont superposés par couches. Meusnier note cette circonstance et recommande de faire de fréquents sondages, pour chercher parmi les divers courants, ceux dont la direcion s'écarte le moins de la route que l'on veut suivre.

Ces sondages devaient nécessiter deux genres de mouvement, l'un de translation horizontale dans tous les sens, l'autre d'ascension ou de descente. Le premier s'obtenait par l'action combinée du gouvernail et de l'hélice. Pour le second, la poche à air devenait une précieuse ressource puisqu'elle permettait de s'élever ou de s'abaisser sans jeter du lest, ni lâcher le gaz, sans autre déperdition de force ascensionnelle que celle occasionnée par l'endosmose.

Naguère, on ignorait encore que Meusnier eut songé à employer l'hélice. Parmi ceux qui lui accordent cette idée, quelques-uns ont écrit qu'il n'avait proposé l'usage de l'hélice que comme moyen de pousser le ballon vers un courant favorable. Une fois ce dernier atteint, le rôle de l'hélice eut été terminé; on se serait tout simplement laissé entraîner par le courant. Une telle appréciation est-elle sérieuse ? N'est-il pas évident, au contraire, que si l'hélice est assez efficace pour pousser l'aérostat vers une région où l'on espère trouver un courant propice, elle exercera une action bien plus sensible lorsque ce courant aura été atteint ?

C'est bien un appareil dirigeable que Meusnier avait imaginé. Non, sans doute, un de ces appareils avec lequel on dut naviguer librement à travers l'atmosphère, comme on navigue sur les flots, ainsi que cherchaient à l'obtenir les empiriques, tels que Blanchard ; mais un appareil rationnel, dont l'itinéraire pouvait être prévu et calculé d'avance, selon la direction et la force du vent. En rendant compte des expériences de MM. Henri Giffard et Dupuy de Lôme, nous verrons que Meusnier avait encore beaucoup à faire pour que son système rendit tout le résultat qu'il en attendait; mais, on peut affirmer que si les inventeurs, venus après lui, avaient connu les principes qu'il avait posés, ils se seraient épargné de nombreuses déceptions.

Aérostat à vapeur de M. Henri Giffard. — Il avait manqué aux travaux de Meusnier, le relief que leur eut donné une expérience faite devant le public. Au milieu des orages de notre grande révolution, pendant les angoisses que les guerres sans fin du premier Empire jetèrent dans tous les cœurs, on avait vraiment d'autres préoccupations en France et au dehors. Ces travaux dormaient encore, il y a trente ans, dans un oubli complet. M. Marey-Monge, les a remis en lumière, dans un mémoire publié en 1847. Reprenant le problème de la direction des aérostats, il s'est appuyé sur les études de Meusnier pour proposer l'emploi d'un ballon allongé, pourvu d'une hélice et d'un gouvernail. L'insuffisance de la force motrice, pensait cet esprit distingué, avait été l'obstacle capital pressenti par Meusnier à une époque où les machines à vapeur n'étaient pas connues. M. Marey-Monge proposait, en conséquence, d'adopter la vapeur comme moteur de l'hélice. Son mémoire fit sensation. M. Alcan, professeur du conservatoire, en rendit compte dans un rapport détaillé lu devant la société d'encouragement. Mais en 1847 les machines à vapeur n'avaient pas atteint le degré de perfection où nous les voyons aujourd'hui. Elles avaient toutes un poids énorme qui aurait nécessité un prodigieux développement du volume de l'aérostat. Il ne fut pas donné suite aux projets de M. Marey-Monge.

Le volume considérable à donner au ballon n'était pas la seule difficulté à vaincre. Comment parviendrait-on à entretenir le foyer de la machine, sans courir le danger, à peu près certain, d'enflammer le gaz essentiellement inflammable de l'aérostat ? Telle est la terrible question que M. Henri Giffard n'a pas craint d'aborder hardiment, dans ses deux expériences de 1852 et de 1855.

Le ballon de M. Giffard n'avait pas, du reste, un volume aussi démesuré qu'aurait pu le faire supposer l'emploi de la machine à vapeur. Il cubait environ 2500 mètres. Sa forme, très-allongée dans le sens du mouvement, devait diminuer beaucoup la résistance de l'air. Il mesurait 44 mètres en longueur, tandis

qu'au milieu, le diamètre n'était que de 12 mètres; il se terminait par deux pointes à chaque extrémité. Un filet recouvrait toute la partie supérieure, sauf les pointes, et se continuait par des cordes venant s'attacher à une traverse

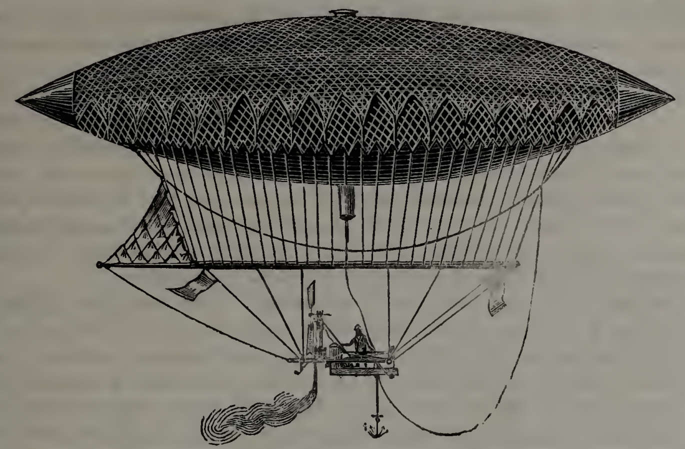


Fig. 13. — Ballon dirigeable de M. Henri Giffard.

horizontale en bois d'une longueur de 20 mètres, laquelle était munie, à l'arrière, d'une voile triangulaire formant gouvernail.

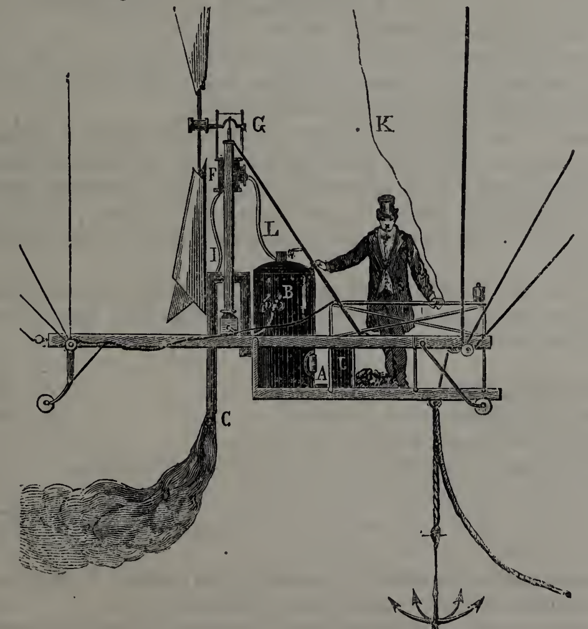


Fig. 14. — Machine à vapeur du ballon dirigeable. B, chaudière; L, tube amenant la vapeur dans le cylindre; C, cheminée de dégagement de la fumée; I, tube conduisant dans la cheminée la vapeur chassée du cylindre; G, bielle; K, corde de la soupape.

Ce gouvernail pouvait être manœuvré de la nacelle au moyen de deux cordes destinées à le faire pivoter autour d'un axe assez incliné pour que, livré à lui

même, le gouvernail reprit naturellement sa position primitive suivant l'axe de l'aérostat.

La nacelle, suspendue à six mètres de la traverse, par des cordes fixées à celle-ci, consistait en un brancard en bois dont le milieu, qui seul était plein, formait un plancher portant la machine, les approvisionnements d'eau et de charbon et les voyageurs.

La machine employée par M. Giffard ne pesait que 150 kilogrammes et avait une force de trois chevaux. Elle donnait, sous ce poids minime, le travail de 25 ou 30 hommes, pesant ensemble au moins 1800 kil., c'est-à-dire douze fois plus. Il est vrai qu'elle nécessitait un approvisionnement d'eau et de charbon. Mais, dans toute ascension, il faut emporter du lest que l'on est obligé de jeter pour compenser la perte de gaz. Or ici le lest devenait inutile, puisqu'une certaine quantité d'eau et de charbon devait se résoudre, d'une manière continue, soit en vapeur, soit en fumée, et alléger d'autant l'appareil.

Le mécanisme de la machine était fort simple. Il se composait d'une chaudière verticale, à la base de laquelle était réservée une grille parfaitement entourée, de telle sorte qu'on ne put apercevoir de l'extérieur aucune trace de feu; sur cette grille on brûlait du coke. La fumée se dégageait par une cheminée dont l'extrémité était tournée vers le bas. Elle était ainsi projetée loin de l'aérostat. Pour que le tirage s'effectuât avec plus de force, M. Giffard avait adopté une disposition en usage dans les locomotives : la vapeur, refoulée hors du cylindre, était amenée dans la cheminée où elle se précipitait violemment, et chassait la fumée au loin devant elle.

Le cylindre, vertical comme la chaudière, est en communication directe avec celle-ci : Dans le cylindre se meut un piston dont la tige, à son extrémité, est reliée à une bielle. Chaque course du piston fait accomplir un tour complet à la bielle et par conséquent, à l'arbre dont elle fait partie. Enfin l'extrémité de l'arbre porte une hélice composée de trois palettes.

Tel est l'appareil que M. Giffard se proposait de diriger dans l'atmosphère et dont les deux figures ci-jointes aideront à saisir le mécanisme (fig. 13 et 14).

Disons d'abord que les deux expériences faites par l'éminent ingénieur ont démontré que malgré la présence d'un foyer sous le ballon, le danger d'une explosion de l'hydrogène n'était plus à redouter et arrivons au point capital : le résultat obtenu.

Nous avons dit que le ballon avait 2500 mètres cubes environ. Gonflé au gaz d'éclairage il possédait une force ascensionnelle propre de 1800 kilogr., dont il faut déduire les poids suivants :

Enveloppe, filet, traverse, cordages.	770 kil.
Nacelle et châssis de la machine.	500
Machine à vapeur, vide.	150
Eau et charbon contenus dans la machine, au départ. .	60
Poids d'une personne.	70
Total.	1550 kil.

Il restait donc encore un écart de 250 kilog. permettant d'emporter la provision d'eau et de charbon nécessaires pour la route.

Le 25 septembre 1852, M. Giffard partit de l'Hippodrome à 5 heures un quart, malgré un vent assez violent. Il savait, que par un calme complet, il devait obtenir une vitesse de 2 à 3 mètres par seconde. La vitesse du vent était, ce jour-là, bien supérieure. M. Giffard ne pouvait songer à lutter contre elle; mais il put opérer diverses manœuvres, dévier à droite ou à gauche, décrire un mouvement circulaire.

Il constata, en un mot, que son ballon obéissait parfaitement à l'action du gouvernail et était capable de suivre une direction sensiblement différente de celle du vent.

Parti tard de l'Hippodrome, M. Giffard vit bientôt arriver la nuit, qui l'empêcha de continuer longtemps ses manœuvres. Il songea à descendre, son premier soin fut d'éteindre le foyer et de lâcher toute la vapeur, afin que le ballon eut perdu toute vitesse avant de toucher le sol. La descente s'effectua sans accident dans la commune d'Elancourt.

En 1855, M. Giffard renouvela son expérience avec un appareil plus puissant, son ballon plus grand, plus allongé encore que le premier, cubait 3200 mètres. Le départ eut lieu de l'usine à gaz de Courcelles, par un vent très-faible dont la vitesse était de 4 mètres environ à la seconde.

Arrivé à une certaine hauteur, M. Giffard commence ses manœuvres. Il fait d'abord virer son ballon de manière à le placer face au vent. Le ballon obéit très-bien à l'impulsion, décrit une courbe et prend la position voulue. Là il se maintient dans une stabilité absolue, la force de propulsion de l'hélice ne lui permet pas, il est vrai, d'avancer contre le vent, mais elle suffit pour résister à l'impulsion de ce dernier. Les mouvements à droite et à gauche, s'effectuent plus aisément qu'avec l'appareil de 1852. Bref l'effet obtenu est tel que, par un temps tout à fait calme, le ballon aurait marché dans toutes les directions avec une vitesse de 4 mètres par seconde, soit environ 15 kilomètres à l'heure. C'est à peu près la vitesse d'un cheval attelé à une voiture, et lancé au trot.

« A dater de ce moment, dit à ce sujet M. Gaston Tissandier, nous ne saurions trop l'affirmer, le principe de la direction des aérostats était créé, M. Giffard, avec une puissance de conception qui ne se rencontre que chez l'innovateur, avait résolu un grand nombre de difficultés. Il venait de prouver que l'emploi d'un aérostat allongé était aussi avantageux que possible, par sa stabilité dans l'air, par la facilité de son atterrissage..... Pour la première fois enfin, il a associé ces deux forces, la machine à vapeur et l'aérostat. »

Il y aurait peut-être quelques restrictions à opposer à ce jugement un peu optimiste. Ainsi lors de l'ascension de 1855, le ballon en se dégonflant avait pris une position de plus en plus inclinée qui pouvait fort bien n'être pas sans danger. Au moment d'atterrir l'inclinaison était devenue telle que le ballon sortit de son filet. Mais n'insistons pas pour le moment, nous reviendrons sur les conditions de stabilité à propos de l'expérience de M. Dupuy de Lôme.

Ce qu'on ne peut nier, c'est que les expériences de M. Giffard aient résolu, en théorie, la question de la direction des aérostats.

Il n'en reste pas moins dans la pratique de grandes difficultés à vaincre. La force motrice employée en 1852 et en 1855 est encore beaucoup trop faible pour donner un résultat efficace. On peut cependant, en donnant au ballon des dimensions plus considérables, parvenir à enlever des machines plus puissantes imprimant à l'aérostat une vitesse plus grande. Remarquons en effet, contrairement à ce qui a été affirmé par plusieurs auteurs, que la résistance de l'air n'irait pas en augmentant dans les mêmes proportions que le volume de l'aérostat. Cette résistance ne croît qu'avec la surface de l'enveloppe. Or, d'après les principes de la géométrie, quand le volume augmente, la surface augmente aussi, mais dans des proportions bien moindres. Cela revient à dire que plus le ballon sera volumineux, moins la résistance sera, relativement, sensible.

Les ballons allongés de M. Giffard, sous un volume médiocre recevaient une impulsion capable de leur donner jusqu'à la vitesse de 4 mètres par seconde. S'ils avaient eu une capacité de 10000 ou de 20000 mètres ils auraient pu porter un moteur assez puissant pour donner à l'appareil une vitesse égale, peut-être

même supérieure, à celle des vents moyens, surtout en les gonflant avec de l'hydrogène pur.

La construction de pareils aérostats offre, il est vrai de grandes difficultés. Elle exige une étoffe d'une solidité extrême; mais M. Giffard a fait aux deux expositions de Paris et de Londres, en 1867 et en 1869, des ascensions captives avec un ballon contenant 12000 mètres cubes de gaz et élevant une trentaine de personnes à la hauteur de 600 mètres. Il installe, en ce moment, dans le jardin des Tuileries, un ballon de 25000 mètres cubes, avec lequel il se propose d'effectuer, pendant la durée de la nouvelle exposition, des ascensions auxquelles pourront prendre part 50 personnes à la fois.

Nous aurons plus tard, quand il aura fonctionné, à nous occuper de ce géant aérien. Signalons-le ici pour montrer que, si la construction des aérostats gigantesques offre toujours des difficultés sérieuses, elle ne doit plus être considérée comme impossible.

M. Giffard, depuis 1855, n'a pas tenté de nouvelles expériences de direction. Toutefois, la persistance avec laquelle il cherche à étendre toujours la capacité de son appareil, semble indiquer qu'il ne tardera pas à reprendre cette question avec des chances de succès autrement grandes que jadis. Il ne s'est pas occupé seulement de la construction de l'aérostat. Cet ingénieur doublé d'un inventeur, à qui l'on doit l'injecteur automatique employé dans tous les chemins de fer, vient encore de découvrir un moyen économique et rapide de fabriquer l'hydrogène. C'est par ce procédé qu'il fabriquera celui qui est destiné à gonfler le ballon des Tuileries.

Aérostat à hélices de M. Dupuy de Lôme. — Le 29 octobre 1870, pendant le siège de Paris, le gouvernement de la défense nationale confiait à M. Dupuy de Lôme la mission de construire, pour le compte de l'État, un aérostat dirigeable. Le célèbre constructeur des navires cuirassés de notre flotte, abordait le problème qui lui était soumis, avec des connaissances pratiques et une compétence toutes spéciales. Il ne craignit pas, d'ailleurs, d'invoquer le concours de plusieurs collaborateurs, parmi lesquels il cite, lui-même, en première ligne, M. Yon, aéronaute qui avait dirigé la fabrication d'un grand nombre de ballons ordinaires et M. Zédé, ingénieur de la marine.

Retardé par des difficultés nombreuses, par la nécessité de créer un outillage spécial, par la pénurie des matériaux nécessaires enfermés dans Paris investi, M. Dupuy de Lôme ne put pas être prêt avant l'armistice. Il reprit son œuvre après l'insurrection du 18 mars, sur l'invitation de M. Jules Simon, alors ministre de l'instruction publique, et l'essai de son appareil eut enfin lieu le 2 février 1872.

Les derniers préparatifs furent effectués dans une cour du Fort-Neuf à Vincennes. C'est là que s'opéra le départ, devant une commission composée de MM. Balard, Sainte-Claire-Deville, Delaunay, Jamin, membres de l'académie des sciences, de M. de Berkheim, général commandant l'artillerie de Paris et de MM. Dumesnil et Bouin directeurs au ministère de l'Instruction publique.

M. Dupuy de Lôme pose comme principe fondamental, la nécessité de satisfaire aux deux conditions suivantes :

1° Obtenir la permanence de la forme du ballon sans ondulations sensibles de la surface de son enveloppe, ni sous l'action du courant d'air produit par la vitesse de translation, ni sous l'influence des abaissements de température, ni sous celle des accroissements de pression atmosphérique, lors des descentes partielles ou totales;

2° Donner au ballon porteur ainsi qu'à tout l'ensemble de l'aérostat un axe bien prononcé, de moindre résistance dans le sens horizontal et dans une direction sensiblement parallèle à celle de la force poussante.

Si la première condition, la *permanence de la forme*, n'est pas satisfaite, lorsque le ballon sera en partie dégonflé il se produira, sur la surface de ce ballon, des concavités qui accroîtront la résistance du courant d'air. En outre, la direction de cette résistance venant à changer à tout instant, par rapport à la direction de la force poussante, le gouvernail deviendra impuissant à corriger ces variations incessantes.

Si on néglige la seconde condition, *la création d'un grand axe de moindre résistance dans le sens horizontal*; si on emploie, par exemple, un ballon sphérique, il sera sujet à des mouvements giratoires aux quels il faudra constamment s'opposer par l'action du gouvernail. Mais celui-ci produira un mouve-

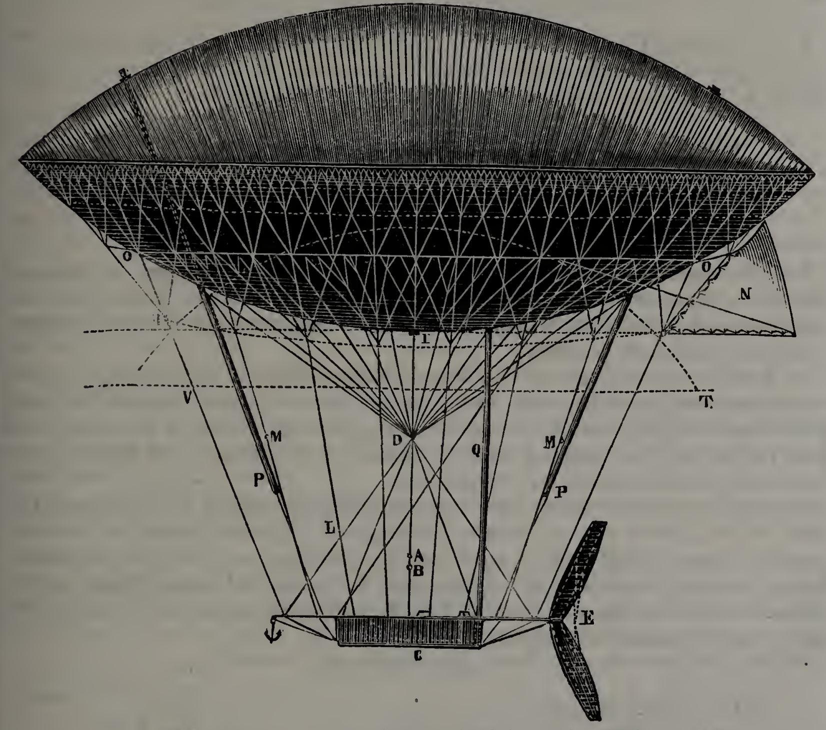


Fig. 15. — Aérostat (système de M. Dupuy de Lôme).

ment de rappel trop prononcé en sens inverse et, d'embardée en embardée, il sera impossible de suivre une direction voulue.

La seconde condition pourrait être obtenue avec un ballon sphérique muni d'appendices qui le prolongeraient à l'avant et à l'arrière; mais le meilleur moyen d'y parvenir est d'adopter pour l'aérostat une forme allongée et M. Dupuy de Lôme résume ainsi son opinion sur ce point: « La forme oblongue du ballon est non-seulement *utile* pour diminuer sa résistance sous un même volume, mais elle est *nécessaire* pour permettre de gouverner en route. »

La permanence de la forme a été obtenue au moyen d'un ballonnet mis en communication, par un tuyau Q, en étoffe de même nature que celle du ballon, avec une soufflerie à air portée et manœuvrée dans la nacelle.

Ce ballonnet rappelle la disposition qu'avait indiquée Meusnier pour faciliter les mouvements de montée et de descente, mais il en diffère autant par sa

structure, que par la destination toute nouvelle que lui donne M. Dupuy de Lôme. Il est formé, à la partie inférieure, par la surface du ballon lui-même et, à la partie supérieure, par une surface (dont le cercle T indique le contour) destinée à retomber sur la première lorsque le ballonnet est vide. La soupape automatique I, s'ouvrant de dedans en dehors et maintenue fermée par un ressort en caoutchouc, est conçue de telle sorte que si on insufflait trop d'air dans le ballonnet, cet air en excès ferait ouvrir la soupape et s'échapperait, plutôt que de chasser du ballon porteur une certaine quantité du gaz qu'il renferme.

Ces principes bien établis, M. Dupuy de Lôme aborde le côté pratique de la question. Plus la forme du ballon est allongée, moins est grande la résistance; mais à mesure que la longueur augmente, les difficultés relatives au filet augmentent aussi.

En établissant la balance entre les conditions opposées qu'il faut remplir, la forme jugée la meilleure a été celle qu'engendrerait un arc de cercle tournant autour de sa corde et voici les dimensions qui ont été adoptées :

Longueur totale de pointe en pointe.	36^{m}, 12
Diamètre au fort de la circonférence.	14^{m}, 84
Volume du ballon porteur.	3454^{mq}.
Volume du ballonnet ($^{1}/_{10}$ du précédent).	345^{mq},40

L'étoffe employée a été obtenue en collant ensemble, au moyen de plusieurs couches interposées de caoutchouc, du taffetas et du nansouk dont l'adhérence avait été rendue aussi complète que possible en les passant, sous une forte pression, entre deux cylindres chauffés.

On avait pris du taffetas de soie blanche de préférence à tout autre, en raison de sa plus grande solidité. Du reste, chaque pièce achetée subissait l'épreuve d'une forte tension et n'était employée qu'après avoir résisté à cet essai. C'est dans l'étoffe ainsi préparée et essayée qu'étaient découpés les 84 fuseaux dont l'enveloppe entière devait être composée.

Une telle enveloppe donne toutes les garanties de solidité voulues ; mais elle laisse encore passer trop rapidement l'hydrogène. Il a fallu l'enduire d'un vernis pour la composition duquel le concours de plusieurs savants a été demandé. Parmi les enduits qui lui ont été proposés, M. Dupuy de Lôme a donné la préférence à celui que lui a indiqué M. Troost, professeur de chimie à l'école Normale ; voici comment on l'obtient :

On prépare une première dissolution contenant, en poids :

De la gélatine pure.	100	
De la glycérine.	100	800
De l'acide pyroligneux.	600	

Puis une seconde dissolution, contenant en poids :

Du tannin.	100	700
De l'acide pyroligneux.	600	

On verse doucement la première dissolution dans la seconde, en agitant, et on recuit le tout en ayant soin d'ajouter de l'acide pyroligneux pour remplacer celui qui se dégage par évaporation.

Pendant que ce mélange est encore chaud, on applique une première couche sur l'enveloppe et on laisse sécher. Quand la première couche est sèche, on en applique une seconde, puis une troisième. L'enduit se place sur le nansouk qui forme la surface intérieure de l'enveloppe. Après ces diverses opérations

l'aérostat est dans des conditions telles qu'il peut demeurer assez longtemps gonflé sans éprouver de perte appréciable.

La partie supérieure du ballon est recouverte d'une chemise en taffetas blanc, coupée sur le même patron que l'enveloppe. Cette chemise, qui descend jusqu'au niveau indiqué par la ligne OO, porte deux filets; l'un le *filet porteur*, commence à la hauteur du méridien horizontal du ballon; l'autre, le *filet à balancines*, se détache de la chemise un peu plus bas que le précédent, à la hauteur de la ligne OO.

En substituant la chemise au filet, pour recouvrir la partie supérieure du ballon, malgré l'augmentation de poids qui en résulte, M. Dupuy de Lôme a voulu surtout faire disparaître le capitonnage que produit toujours le filet par sa pression sur l'enveloppe, capitonnage qui aurait contribué à augmenter la résistance à la marche. La chemise offre encore un avantage : Elle est d'une confection facile, ce qui est très important pour un aérostat de forme allongée.

Le *filet porteur*, ainsi que son nom l'indique, est destiné à porter la nacelle ; pour cela, il se termine par des cordes qui viennent s'attacher à celle-ci. Quant au *filet à balancines*, il forme un cône dont le sommet est situé entre le ballon et la nacelle au point D. Du sommet du cône partent des cordes aboutissant, comme les précédentes, à la nacelle. Ce sont ces cordes qui constituent les *balancines*. Leur but est de maintenir la nacelle en équilibre par rapport au ballon. Le filet à balancines est, avec le ballonnet à air, la partie de l'appareil qui porte le plus spécialement l'empreinte personnelle de M. Dupuy de Lôme. C'est grâce à ce système, que l'éminent ingénieur a pu établir une solidarité complète entre le ballon qui subit la plus forte part de la résistance et la nacelle qui reçoit la poussée de l'hélice. « L'ensemble de l'aérostat, ballon et nacelle, dit-il, se comportera, dans les inclinaisons qui pourront survenir, comme si ces deux portions étaient reliées entre elles par des pièces solides et inflexibles. » Du moins, les choses se passeront ainsi tant que les inclinaisons ne dépasseront pas certaines limites qu'il a soin d'indiquer. Ces conditions de stabilité étaient essentielles à réaliser, surtout avec un ballon allongé qui, s'il vient à se dégonfler, tend à se dresser verticalement sur son axe, ainsi que cela arriva lors de l'expérience faite en 1855 par M. Giffard.

Le gouvernail N se compose d'une voile triangulaire placée sous le ballon, près de la pointe arrière et maintenue par une vergue horizontale de 6 mètres de longueur. Il est manœuvré au moyen de deux cordelettes partant de l'extrémité de la vergue. Chacune d'elles arrive à la nacelle après s'être enroulée dans la gorge d'une poulie fixée au flanc de l'aérostat.

La nacelle consiste en une partie centrale en osier et en deux brancards, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Les deux bras de chaque brancard se rejoignent à leur extrémité. C'est dans la partie centrale, longue de $6^m,50$, que se trouvent les hommes d'équipage, l'appareil moteur et la soufflerie. Par l'essai qu'il allait tenter, M. Dupuy de Lôme se proposait de voir si son aérostat demeurerait bien stable, s'il se laisserait gouverner facilement, plutôt que de faire un véritable voyage aérien; il n'avait pas jugé utile de recourir à un moteur autre que les bras de l'équipage. La nacelle devait donc porter un personnel assez nombreux : 8 hommes pour le treuil, 1 à la soufflerie, 1 timonier, 1 pour le lest, 1 pour les soupapes, le guide-rope et l'ancre, 2 pour surveiller la direction de sa route, faire les observations nécessaires, les inscrire et noter le chemin parcouru, sur la carte. Cela faisait, en tout, 14 hommes d'équipage.

Nous avons indiqué précédemment, le rôle et le mode de fonctionnement de la soufflerie. Il est inutile d'y revenir. L'hélice est à deux ailes. Son arbre, formé d'un cylindre creux en acier, est disposé de telle sorte, qu'il puisse recevoir le

moyen de l'hélice facilement démontable. La manière dont il est installé dans la nacelle permet, en outre, de le relever verticalement ou de l'abaisser à volonté. Cette disposition met l'hélice à l'abri des chocs qui pourraient la détériorer au moment de l'atterrissage.

D'après la description qui vient d'être faite du ballon, celui-ci n'aurait pas d'orifice restant ouvert à la base. Mais en avant et en arrière du ballonnet à air, ont été établis deux tuyaux, nommés *pendentifs* P et P, ouverts par le bas et laissant ainsi deux voies de dégagement à l'hydrogène. Chaque tuyau pendentif est traversé par une cordelette qui va de la nacelle à une soupape placée sur le méridien supérieur de l'aérostat et dans la direction prolongée de ce tuyau. Le ballon se trouve par conséquent muni de deux soupapes. Ces soupapes sont à clapets. Quant à celle du ballonnet, elle est, avons-nous dit, automotrice; cependant, pour plus de sûreté, elle est, comme les précédentes, mise en communication avec la nacelle par une cordelette.

Tel est, dans ses parties essentielles, l'appareil avec lequel eut lieu l'expérience du 2 février 1872; mais avant d'aborder les résultats de cette expérience, il n'est pas sans intérêt de dire un mot des calculs que M. Dupuy de Lôme avait dû faire auparavant.

Au moment du départ, le ballon porteur est entièrement rempli d'hydrogène, et la surface supérieure du ballonnet à air vient se rabattre sur la surface inférieure. En s'élevant et jusqu'à ce qu'il ait atteint le point culminant de l'ascension, le ballon perdra continuellement une certaine quantité de gaz qui s'écoulera, par les pendentifs, à mesure que la pression extérieure diminuera. Pendant la descente, au contraire, l'hydrogène resté dans l'aérostat, se contractera peu à peu sous l'effet des augmentations successives de la pression atmosphérique. Il faudra alors, pour que l'enveloppe demeure toujours tendue, insuffler à tout moment, dans le ballonnet, un volume d'air destiné à compenser les diminutions de volume subies par l'hydrogène.

Or, d'après les dimensions adoptées par M. Dupuy de Lôme, le ballonnet a une capacité de $345^{mq},40$. Il est, dès lors, essentiel de ne pas dépasser l'altitude à laquelle la quantité de gaz perdue (si elle était ramenée à la pression de 0,76) atteindrait précisément ce volume de $345^{mq},40$.

M. Dupuy de Lôme a eu le soin de dresser un tableau des pertes éprouvées à toutes les hauteurs et il résulte de ce tableau, qu'à l'altitude de 866 mètres correspond une déperdition de $345^{mq},4$ d'hydrogène. D'après cela, le ballon du 2 février, pour regagner le sol dans un état de gonflement complet, ne devait pas dépasser l'altitude de 866 mètres.

Voici maintenant comment a été évaluée la force qu'il était nécessaire de faire agir pour obtenir la vitesse de 8 kilom. à l'heure, ou de $2^{m},22$ par seconde, que M. Dupuy de Lôme se proposait d'imprimer à son navire aérien.

Etant données les dimensions des diverses parties de l'aérostat, on a :

Section de la maîtresse partie du ballon porteur	$172^{mc},96$
Section de la maîtresse partie de la nacelle, de la partie du corps des hommes dépassant les bords de la nacelle, des tuyaux (pendentifs et soufflerie). . . . . , ...	12 ,65
Filet porteur, filet à balancines.	10 »
Cordes fortes des suspentes et de balancines.	9 90

Si toutes ces surfaces se présentaient à l'état de plans minces perpendiculaires au courant d'air, il résulte de diverses expériences que la résistance éprouvée, avec la vitesse de 8 kilom. à l'heure, serait égale à $0^{k},665$ par mètre carré. Mais dans un courant d'air, de même que dans un courant d'eau, la résistance diminue dans de grandes proportions, dès qu'elle s'exerce, non plus sur un plan

mince, mais sur des solides façonnés pour faciliter le glissement du gaz ou du liquide autour de leurs surfaces.

On manque encore de données précises en ce qui concerne l'air; mais il n'en est pas de même quant aux effets des masses aqueuses autour des navires.

Pour les navires, dont la forme peut être comparée à celle du ballon porteur, la résistance n'est jamais plus du quarantième de ce qu'elle serait si elle s'exerçait sur un plan mince; elle s'abaisse quelquefois jusqu'à $^1/_{80}$. M. Dupuy de Lôme aurait pu se croire fondé à adopter, en toute sécurité, le quarantième pour ses calculs; mais il s'est contenté de supposer la résistance, opposée à la marche du ballon, égale au trentième de celle qu'éprouverait un plan mince.

Pour la nacelle, dont les formes se prêtent à un passage facile dans l'air, mais dont les surfaces sont rugueuses; pour le corps des hommes d'équipage; pour les tuyaux, il a porté le coefficient de résistance au cinquième. Il l'a élevé au tiers pour les fortes cordes et jusqu'à la moitié pour les cordonnets des filets.

Dès lors, la résistance opposée à l'aérostat en marche, sera :

pour le ballon porteur.	$\frac{172.96}{30} \times 0.665 =$	$3^{\text{kil}}.830$
pour la nacelle, les hommes, etc . . .	$\frac{12.65}{5} \times 0.665 =$	1 682
pour les fortes cordes	$\frac{9.90}{3} \times 0.665 =$	2 194
pour les cordelettes des filets	$\frac{10.\ »}{2} \times 0.665 =$	$3^{\text{kil}}.325$
Résistance totale		11 031

Le travail qu'accomplira l'aérostat, marchant à la vitesse de $2^{\text{m}},22$ par seconde, pour vaincre la résistance ressortira à

$$11.031 \times 2.22 = 24^{\text{kgm}}.488.$$

Mais l'hélice dans son mouvement de rotation, éprouvera d'autres résistances, dues au frottement de ses ailes dans l'air et à celui de son arbre sur les coussinets; la force motrice devra par suite, être capable de produire un travail de $24^{\text{kgm}}.488$, augmenté du travail résultant des frottements. M. Dupuy de Lôme estimait que cette force motrice aurait à accomplir un travail de 33^{kgm}. et à imprimer à l'hélice une vitesse de 21 tours par minute. « Le chiffre habituellement admis, dit-il, pour le travail qu'un homme peut soutenir, est de $7^{\text{kgm}}.5$; mais on peut admettre que 4 hommes pourront produire pendant une heure le travail précité de 33^{kgm}., représentant pour chacun d'eux $8^{\text{kgm}}.25$. Avec une relève de 4 hommes reprenant toutes les heures (ou même toutes les demi-heures), l'allure de 21 tours par minute pourrait être soutenu pendant dix heures au besoin. En certains moments, pour atteindre par exemple, un point voulu du sol à la descente, on pourra mettre à la fois les 8 manœuvres sur le treuil au lieu de 4; chacun d'eux pourra, en outre, pendant quelques minutes, doubler son travail. La puissance transmise à l'hélice sera alors momentanément quadruplée. »

Cela permettra de donner 33 tours et demi à l'hélice par minute et d'imprimer à l'aérostat une vitesse de $12^{\text{kil}}.600$ à l'heure, ou $3^{\text{m}},52$ par seconde.

Le 2 février 1872 eut lieu, ainsi que nous l'avons dit, l'essai de l'aérostat de M. Dupuy de Lôme.

Le ballon, gonflé depuis la veille au soir, avait passé la nuit sans perte appré-

ciable de gaz, ce qui indiquait déjà que l'enveloppe était d'une imperméabilité très-satisfaisante.

A 1 heure après-midi, le signal du départ était donné et M. Dupuy de Lôme s'élevait dans les airs, en compagnie de MM. Yon, Zédé, Bouron, ingénieur qui s'était chargé du montage de l'hélice, Dartois, aéronaute et des personnes qui devaient compléter l'équipage.

Un quart d'heure plus tard, on commençait les observations régulières.

« Tout en constatant la solution du problème de la stabilité d'un ballon oblong, fait remarquer M. Dupuy de Lôme, il est clair que l'objet de l'expérience que j'avais entreprise consistait, en outre, à reconnaître : 1° quelle vitesse l'aérostat obtenait par rapport à l'air ambiant sous l'influence de son hélice mise en mouvement à telle ou telle vitesse ; 2° de quelle façon il obéissait à son gouvernail, soit pour maintenir le cap dans une direction voulue, soit pour changer cette direction à volonté. »

Parmi les instruments installés dans la nacelle et destinés à permettre de faire les constatations auxquelles on allait se livrer, se trouvaient :

1° Un anémomètre spécial donnant la vitesse de translation de l'aérostat, par rapport à l'air ambiant.

2° Une boussole, indiquant, comme dans les navires, la direction du cap.

3° Une seconde boussole à laquelle, par une disposition ingénieuse, était ajouté un petit appareil qui permettait de mesurer la vitesse de l'aérostat sur le sol.

Grâce à ces appareils, les observations ont été faites avec une précision remarquable.

A $1^h.15^m.$, on laisse l'aérostat livré à lui-même, sans faire agir ni l'hélice, ni le gouvernail et on constate :

Hauteur atteinte.	560 mètres
Direction de la route sur le sol . . .	N.-E. 7° N.
Vitesse dans cette direction.	12 mètres par seconde

A $1^h.30^m.$, le timonier maintient le cap au sud-est et l'hélice est mise en mouvement par 8 hommes. Voici le résultat obtenu :

Vitesse propre à l'aérostat mesurée à l'anénomètre.	$2^m,34$ par seconde
Vitesse de l'aérostat sur le sol	12 mètres par seconde
Direction de la route sur le sol . . .	N.-E 5° E.
Angle de cette route avec la précédente	12 degrés

A $1^h.55^m.$, on cesse d'agir sur l'hélice et le gouvernail ; le ballon reprend à peu près sa direction et sa marche primitive. Il y a cependant une légère différence due à une variation de direction et à une augmentation de vitesse du vent.

L'expérience précédente plusieurs fois renouvelée a toujours donné un résultat sensiblement identique. L'angle que faisait la route suivie par l'aérostat avec la direction du vent n'a varié qu'entre 10 et 12 degrés. Cette variation provient, tout naturellement, de l'intensité plus ou moins grande du courant aérien.

L'action du gouvernail et celle de l'hélice ainsi constatées, on s'est occupé de la stabilité de l'appareil, et on a remarqué que la nacelle n'éprouvait aucune oscillation sous l'effort de 8 hommes travaillant au treuil. Plusieurs personnes pouvaient se porter à la fois à droite ou à gauche, à l'avant ou à l'arrière, sans qu'on s'aperçût d'aucun mouvement « *pas plus que sur le parquet d'un salon.* » La stabilité était aussi parfaite que possible.

Il restait un point à vérifier par l'expérience. On était certain que le grand

axe de l'aérostat se maintiendrait dans une direction horizontale, tant que le gonflement demeurerait complet.

En serait-il de même s'il survenait un dégonflement partiel? La question est de la plus haute importance. Une déviation trop marquée dans l'horizontalité du grand axe expose, en effet, à de grands dangers, les personnes montées dans la nacelle. Plein de confiance dans son système de suspension, M. Dupuy de Lôme n'a pas craint de provoquer un dégonflement partiel. Il a laissé monter le ballon jusqu'à 1020 mètres, dépassant ainsi l'altitude de 866 mètres, limite à laquelle on aurait dû s'arrêter si on avait voulu pouvoir ensuite regagner le sol avec le ballon plein. De cette hauteur on s'est abaissé à 600 mètres sans avoir recours à la soufflerie; la diminution de volume était très-manifeste, les plis de l'enveloppe s'accentuaient de plus en plus, malgré cela l'horizontalité a été parfaitement maintenue. « Il était intéressant, dit M. Dupuy de Lôme, de voir à ce moment les balancines de l'avant et de l'arrière se roidir tour à tour et contenir dans la position horizontale chaque extrémité du ballon, dès qu'elle témoignait une velléité de s'élever. »

L'épreuve ainsi complétée répondait entièrement aux prévisions du savant ingénieur, et cependant, il est bon de le rappeler, le temps n'était pas favorable, le vent avait ce jour-là une vitesse bien supérieure à celle des vents moyens.

A 3 heures l'atterrissage s'effectuait avec un plein succès. Cette facilité d'atterrissage est d'autant plus remarquable qu'elle se produisait dans des conditions rendues volontairement mauvaises, en s'élevant pendant la durée de l'ascension, à une hauteur supérieure à 866 mètres. Quoiqu'en s'approchant du sol, on eut fait manœuvrer la soufflerie pour remplir le ballonnet, l'enveloppe ne pouvait plus être tendue : Elle présentait d'assez fortes rides longitudinales sous le ballon. Mais il n'est résulté de ce fait aucun inconvénient.

Une disposition nouvelle a contribué à rendre facile cette opération toujours périlleuse : le guide-rope et l'ancre avaient été attachés, non plus à la nacelle, mais à la pointe avant du ballon. Aussitôt que l'action du guide-rope s'est produite, l'aérostat, tournant sur lui-même, s'est présenté vent debout et tout s'est terminé sans aucune secousse.

Quant à la méthode suivie pour mesurer les directions de la route et les vitesses du ballon sur le sol, voici un fait qui suffira pour mettre en évidence son degré de précision. Pendant toute la durée de l'ascension, M. Zédé traçait sur la carte les directions et les vitesses que lui dictait M. Dupuy de Lôme. Au moment de descendre, ce dernier demande quel peut bien être le village qu'il aperçoit au-dessous du ballon : « ce doit être Mondécourt », répond M. Zédé confiant dans sa route tracée sur la carte. C'était, en effet, Mondécourt.

M. Dupuy de Lôme a écrit sous le titre de *Note sur l'aérostat à hélice construit pour le compte de l'État*, un compte-rendu de son expérience et des travaux qui l'ont précédée. Cette *Note*, qui a été lue à l'Académie des sciences le 5 février 1872, nous a servi de guide dans l'étude qui précède, empruntons-lui encore les conclusions de l'auteur :

« Le résumé des faits acquis par l'essai du 2 février peut se formuler ainsi :

« 1° Stabilité assurée malgré la forme oblongue, grâce au système du filet à balancines;

« 2° Maintien de la forme au moyen du ballonnet à air ;

« 3° Faculté de maintenir le cap dans une direction voulue quand l'hélice fonctionne, malgré quelques embardées dues en grande partie à l'inexpérience du timonier ;

« 4° Vitesse déjà importante imprimée à l'aérostat par rapport à l'air ambiant et portée à $2^{m},82$ par seconde, au moyen de l'hélice mue par 8 hommes.

« Si l'on parvenait à se mettre à l'abri des dangers que présente une machine à feu, portée par un ballon à hydrogène, on ferait facilement une machine à gaz ou à air chaud de huit chevaux de 75 kilogrammètres avec le poids du treuil à bras et de 8 hommes dont on diminuerait le chiffre de l'équipage.... Le travail moteur serait dix fois plus grand qu'avec le treuil à bras et la vitesse s'élèverait avec le même aérostat à 22 kilom. à l'heure. On obtiendrait ainsi un appareil capable non-seulement de se dévier du lit du vent, d'un angle considérable par des vents ordinaires, mais pouvant même assez souvent faire route par rapport à la terre dans toutes les directions qu'on voudrait suivre. »

Nous avons vu que M. Giffard avait parfaitement réussi à installer une machine à feu sous son ballon sans courir aucun danger. Si ses expériences n'ont pas donné tout ce qu'en espérait l'habile et hardi inventeur, cela provenait de la construction encore défectueuse de son aérostat et non de sa machine à vapeur. Ne semble-t-il pas qu'en installant la machine à foyer renversé de M. Giffard dans la nacelle de l'appareil de M. Dupuy de Lôme, le problème de la direction serait résolu autant qu'il puisse l'être dans l'état actuel des connaissances scientifiques et industrielles ?

Naguère encore, on ne traitait jamais la question des aérostats, sans se livrer à des dissertations plus ou moins longues sur le point de savoir s'ils étaient dirigeables ou non. Quelques-uns se bornaient à dire qu'il y avait à vaincre des difficultés pratiques insurmontables; quelques autres niaient la possibilité d'y parvenir même au point de vue théorique. Aujourd'hui une discussion sur ce sujet serait oiseuse. Nous ne nous avancions pas trop en disant plus haut : le principe est posé. Nous croyons pouvoir ajouter : les conséquences ne se feront pas longtemps attendre.

On ne peut certes pas espérer que les aérostats deviennent bientôt (si même ils y arrivent jamais) un moyen régulier de transport. Mais le siège de Paris nous a trop bien montré quelle serait leur importance, au point de vue militaire, le jour où on pourrait les diriger à volonté, pour que nous passions sous silence les paroles suivantes de M. le colonel Laussedat. Elles confirmeront l'espérance que nous formulions quelques lignes plus haut.

« Les principes qui ont servi de guides à M. Dupuy de Lôme ont été adoptés pour la plupart par la Commission. Toutefois, pour diminuer les résistances passives et pour augmenter la vitesse propre, on a simplifié considérablement le réseau formé par les filets.

« Au lieu de placer l'hélice dans la nacelle, c'est-à-dire à une assez grande distance du point d'application de la résistance de l'air, on a construit le ballon de manière que l'hélice puisse fonctionner au centre même de l'aérostat. Pour cela, il a fallu ménager un tube dans l'axe, problème nouveau qui a pu être résolu par l'emploi d'un certain nombre de cloisons rayonnantes, attachées d'une part à la surface extérieure et de l'autre à celle du tube. Un modèle d'une grandeur suffisante a montré l'exactitude des prévisions de l'auteur du projet.

« La Commission n'a plus qu'à se décider sur le choix du moteur et elle a déjà arrêté le programme des expériences qu'elle doit faire à ce sujet. »

On le voit, l'enfant dont parlait Franklin, cet enfant qui est né en France, après avoir couru le monde sans s'être développé beaucoup, semble en ce moment retrouver sur le sol natal une impulsion nouvelle et vouloir prendre enfin un libre essor.

Aviation. — Un récit complet des innombrables tentatives de vol faites depuis les temps fabuleux d'Icare jusqu'à nos jours, serait aussi lamentable que peu instructif. Qu'on en juge par quelques exemples :

Sous Néron, Simon le Magicien annonce qu'il va voler. Il s'élance du haut d'un monument élevé, en présence du peuple accouru et de Néron lui-même. Il se casse les deux jambes.

Au XIIe siècle, un malheureux Sarrasin arrive à Constantinople et se brise les os, sous les yeux de l'empereur Alexis Commèe.

Au XIIIe siècle, un savant anglais, Roger Bacon, moine franciscain, imagine une machine à voler dont il a laissé la description; mais la Cour de Rome le fait enfermer pour crime de sorcellerie. Si la plus grande partie de sa vie s'écoule tristement en prison, il doit, du moins, à ses démêlés avec le Souverain Pontife, de ne pas pouvoir expérimenter lui-même sa machine et de parvenir sain et sauf jusqu'à l'âge de 80 ans. Mais, après lui plusieurs mécaniciens ont payé de leur vie la trop grande confiance qu'ils accordaient aux principes posés par Roger Bacon.

Jean-Baptiste Dante, habile mathématicien né à Pérouse au commencement du XVe siècle, tombe sur le toit de l'église saint Maur et a une jambe cassée, malgré les ailes artificielles dont il s'était pourvu.

Un peu plus tard, le bénédictin anglais, Olivier de Malmesbury, s'élance dans les airs avec des ailes attachées aux bras et aux jambes. Il fait une chute à la suite de laquelle il demeure perclus pour toujours.

Malgré leur humilité incontestable, les moines paraissent avoir été tourmentés, d'une manière toute spéciale, du désir de s'élever. Aux noms déjà cités, ajoutons ceux du Jésuite Lana, de Brescia et du père Gallien, d'Avignon. Ceux-ci ont, du moins, l'avantage d'introduire une note plaisante dans la triste nomenclature des victimes de l'aviation. Le père Lana, en 1670, s'amuse à imaginer un vaisseau volant; quant au père Gallien, il se livre, vers 1750, aux divagations les plus chimériques, qu'il ne craint pas de transmettre à la postérité dans un petit ouvrage intitulé : *l'Art de naviguer dans les airs.*

L'un et l'autre ont eu le bon esprit de se méfier des combinaisons écloses dans leur cerveau; le père Gallien a même eu la bonté de nous prévenir qu'il avait composé son ouvrage « par manière de récréation physique et géométrique ». Il aurait, en vérité, fort bien pu se dispenser de cette dernière précaution, car quelques lignes plus haut il avait reconnu que son appareil « serait plus long et plus large que la ville d'Avignon, que sa hauteur ressemblerait à celle d'une montagne considérable ».

Voici cependant un appareil qui semble avoir eu quelque succès, s'il faut en croire un récit publié en 1768 dans le *journal des Savants.* Il consiste en deux forts bâtons reposant sur les épaules et munis, aux extrémités, d'ailes en taffetas rendues rigides par un chassis rectangulaire. Chaque aile est formée de deux parties qui peuvent se replier l'une sur l'autre, de haut en bas, en pivotant autour du bâton qui les porte. Les ailes de derrière sont mises en mouvement par les pieds; celles de devant par les mains : Enfin l'ordre du mouvement doit être tel que la main droite exécute son effort en même temps que le pied gauche, tandis que la main gauche et le pied droit manœuvrent ensemble. Il est à remarquer que ce genre de mouvement est conforme à celui qui se produit pendant la marche, fig. 16.

Le Besnier, inventeur de ce mécanisme, a fait lui-même, assure-t-on, usage de ses ailes. Un gymnaste paraît aussi s'en être servi dans les foires; toutefois on ne sait rien de bien précis sur les résultats de ces deux essais, tandis qu'on est parfaitement fixé sur le sort d'un certain Bernon, de Francfort. L'infortuné, s'étant confié aux ailes de Le Besnier, fut précipité sur le sol et se tua.

L'aventure du marquis de Baqueville, survenue vers la même époque, est célèbre. Il espérait, grâce à des ailes gigantesques, pouvoir s'élancer de son hôtel situé sur les quais de la rive gauche, à Paris, traverser la Seine et aller

descendre dans le jardin des Tuileries. Il échoua sur un bateau de blanchisseuses et eut une cuisse cassée.

Plus récemment, enfin, Letur en 1854 et Groof en 1874, ont péri misérablement en se laissant tomber de la nacelle d'un ballon, malgré les engins dont l'un et l'autre s'étaient munis.

Tant de catastrophes indiquent clairement que l'homme est incapable de se maintenir dans l'atmosphère, quel que soit le mécanisme dont il dispose, s'il n'a recours à d'autre force motrice que la force musculaire. C'est une vérité que le calcul a d'ailleurs établie depuis longtemps. Les partisans du vol mécanique, les aviateurs, sont cependant nombreux, de nos jours. Dans leurs rangs on peut compter plusieurs savants des plus éminents, mais leurs recherches ont pris une direction toute nouvelle. On s'est mis à étudier la structure des oiseaux, la position de leur centre de gravité, le mécanisme de leur vol. Puis on s'est efforcé de faire l'application des connaissances acquises, non dans le but d'arriver immédiatement à un résultat pratique, mais, plutôt, dans le dessein de poser les premiers principes d'un art que des esprits très-sérieux ne désespèrent nullement de voir progresser. Il est juste de reconnaître que les aviateurs modernes ne sont pas sans précurseurs. Le vol mécanique avait été fort délaissé pendant près d'un demi-siècle, lorsque, il y a une vingtaine d'années, la question a été portée à l'ordre du jour. Alors on a remis en lumière certains travaux oubliés, tels que ceux de Lannoy, Bienvenu, en France, et surtout ceux que Georges Cayley en Angleterre, publiait en 1809.



Fig. 16. — Ailes de Le Besnier.

Tout le monde connait un jouet qui consiste à lancer à une certaine hauteur un petit papillon artificiel posé sur une tige légère. Le moteur de ce jouet est une ficelle enroulée autour de la tige et que l'on déroule rapidement. Un officier de marine, M. de la Landelle et M. Ponton d'Amécourt eurent l'idée, en 1863, de substituer à la ficelle de ce jouet, un ressort d'horlogerie et de donner à ses ailes la disposition d'une hélice. Ils obtinrent ainsi de nouveaux appareils, de dimensions aussi exiguës que les premiers, mais portant avec eux leur moteur et pouvant s'élever, sans impulsion extérieure, à la hauteur de 3 ou 4 mètres. Un savant physicien, M. Babinet, les baptisa aussitôt du nom d'hélicoptères. MM. de la Landelle et Ponton d'Amécourt pensèrent que les hélicoptères pouvaient les mettre sur la voie tant cherchée du vol mécanique, fig. 17.

Vers la même époque M. Nadard, le photographe bien connu, s'occupait avec

ardeur d'aérostation. Il était obsédé, surtout, de l'idée d'arriver à la direction des ballons. Son impatience croissait avec les obstacles qu'il rencontrait, lorsque MM. de la Landelle et Ponton d'Amécourt lui firent connaître les hélicoptères et les espérances dont ils étaient animés. L'imagination de M. Nadard s'enflamme aussitôt. Il laisse de côté les ballons, et devient l'un des plus fervents soutiens du *plus lourd que l'air*. Journaux, brochures, conférences, tout lui semble bon pour agiter la question à laquelle il vient de se rallier. Si M. Nadard ne paraît pas avoir contribué beaucoup aux progrès de l'art dont il se faisait l'apôtre, il a du moins eu le mérite de faire grand bruit autour de l'idée nouvelle, d'attirer sur elle l'attention, d'être, en partie, cause de l'intérêt, toujours croissant, avec lequel certains savants s'en occupent.

Bientôt les aéroplanes (fig. 18), qui volent suivant une direction horizontale

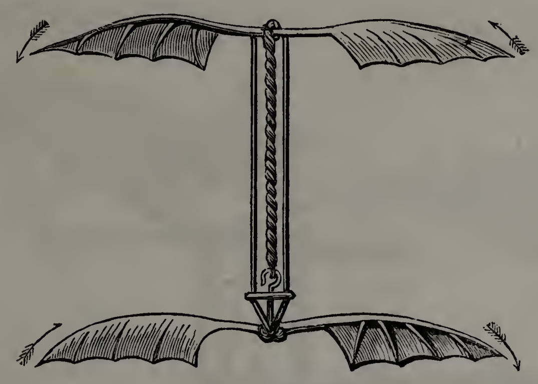


Fig. 17. — Hélicoptère.

sont venus s'ajouter aux hélicoptères ; puis les orthoptères ou oiseaux mécaniques, ont vu le jour. Les orthoptères sont portés et poussés en avant par deux ailes ; ils ont un vol saccadé se rapprochant de celui des oiseaux, fig. 19 et 20.

Pour ces appareils, tous de dimensions fort restreintes, puisqu'en général leur poids ne dépasse pas 60 grammes, le moteur est tantôt un ressort de montre, tantôt l'air comprimé, tantôt la force de torsion d'une cordelette en caoutchouc.

Les aviateurs français, MM. Penaud, Hureau de Villeneuve, Tatin, etc... emploient de préférence la force de torsion du caoutchouc. Il va sans dire que cette force est faible et s'épuise vite; mais elle suffit assez bien aux études théoriques qui occupent, ainsi que nous l'avons dit, les partisans du plus lourd que l'air.

A aucune époque, cette question n'a groupé un aussi grand nombre d'esprits éminents. Nous avons cité plusieurs noms auxquels il convient d'ajouter celui de M. Marey, professeur au Collège de France. M. Marey a fait lui-même des expériences du plus haut intérêt et, tout récemment, il a ouvert son laboratoire à M. Tatin qui est devenu un aviateur distingué après avoir été un habile horloger, et à qui l'*Association pour l'avancement des sciences* accordait, en 1876, une subvention pour le récompenser de ses travaux. M. Marey a consacré aux expériences de M. Tatin une large place dans un ouvrage publié sous sa direction, sous le titre de : *Travaux du laboratoire de physiologie expérimentale.*

Nous trouvons dans les *Annales du Génie civil*, une étude de cette question qui montre certains aviateurs anglais poussés vers des recherches d'un autre genre.

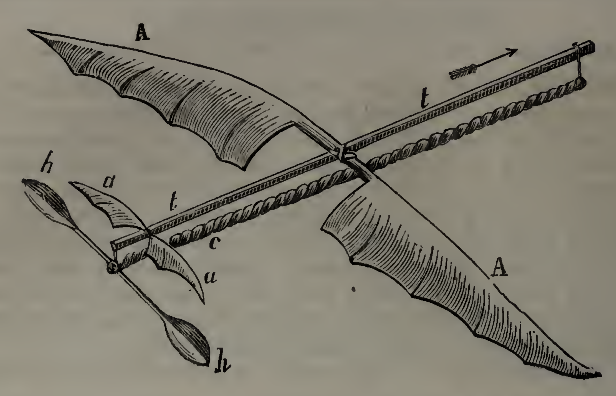


Fig. 18. — Aéroplane : *t, t,* tige rigide ; C, cordelette en caoutchouc ; A, A, grandes ailes immobiles ; *a, a,* petites ailes formant gouvernail ; *h, h,* palettes de l'hélice mises en rotation par la force de torsion du caoutchouc.

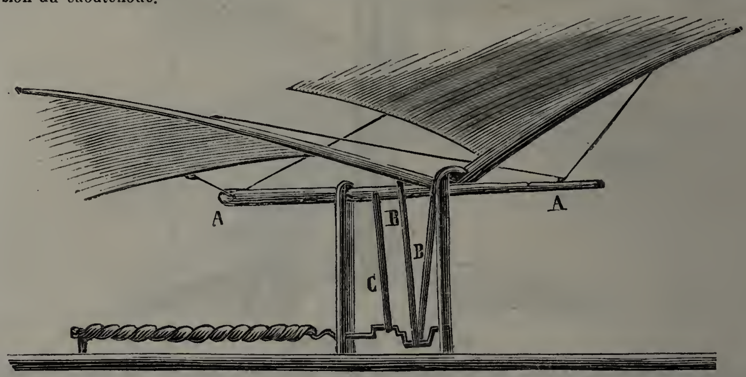


Fig. 19. — Oiseau mécanique : Les ailes s'élèvent et s'abaissent alternativement, sous l'action d'un levier coudé mis en rotation par la cordelette en caoutchouc.

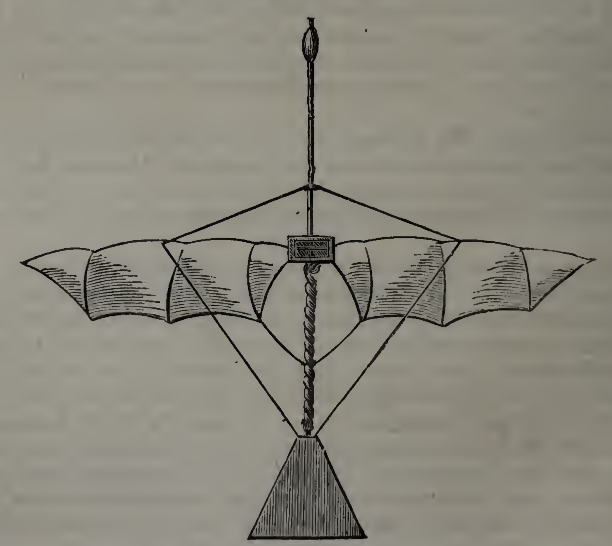


Fig. 20. — Plan de l'oiseau mécanique.

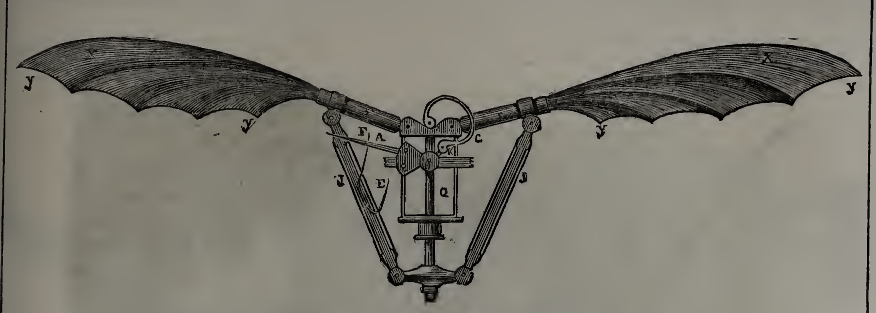


Fig. 21. — Appareil de M. Artingstall.

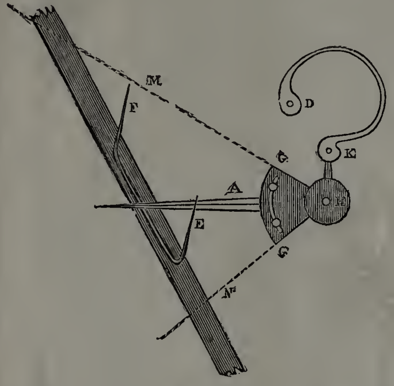


Fig. 22.
Robinet à 4 voies de l'appareil de M. Artingstall.

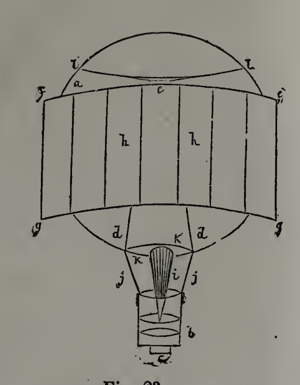


Fig. 23.
Appareil de M. John Heath, au repos.

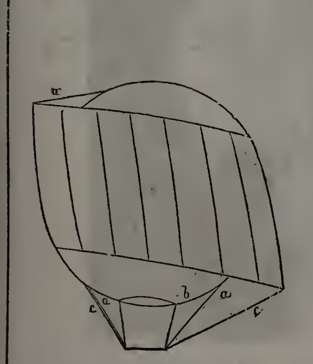


Fig. 24. — Appareil de M. John Hart, en mouvement.

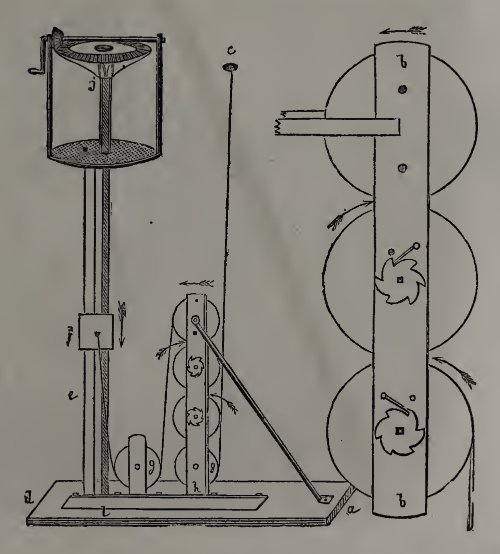


Fig. 25. — Mécanisme au moyen duquel M. Heath espérait monter ou descendre.

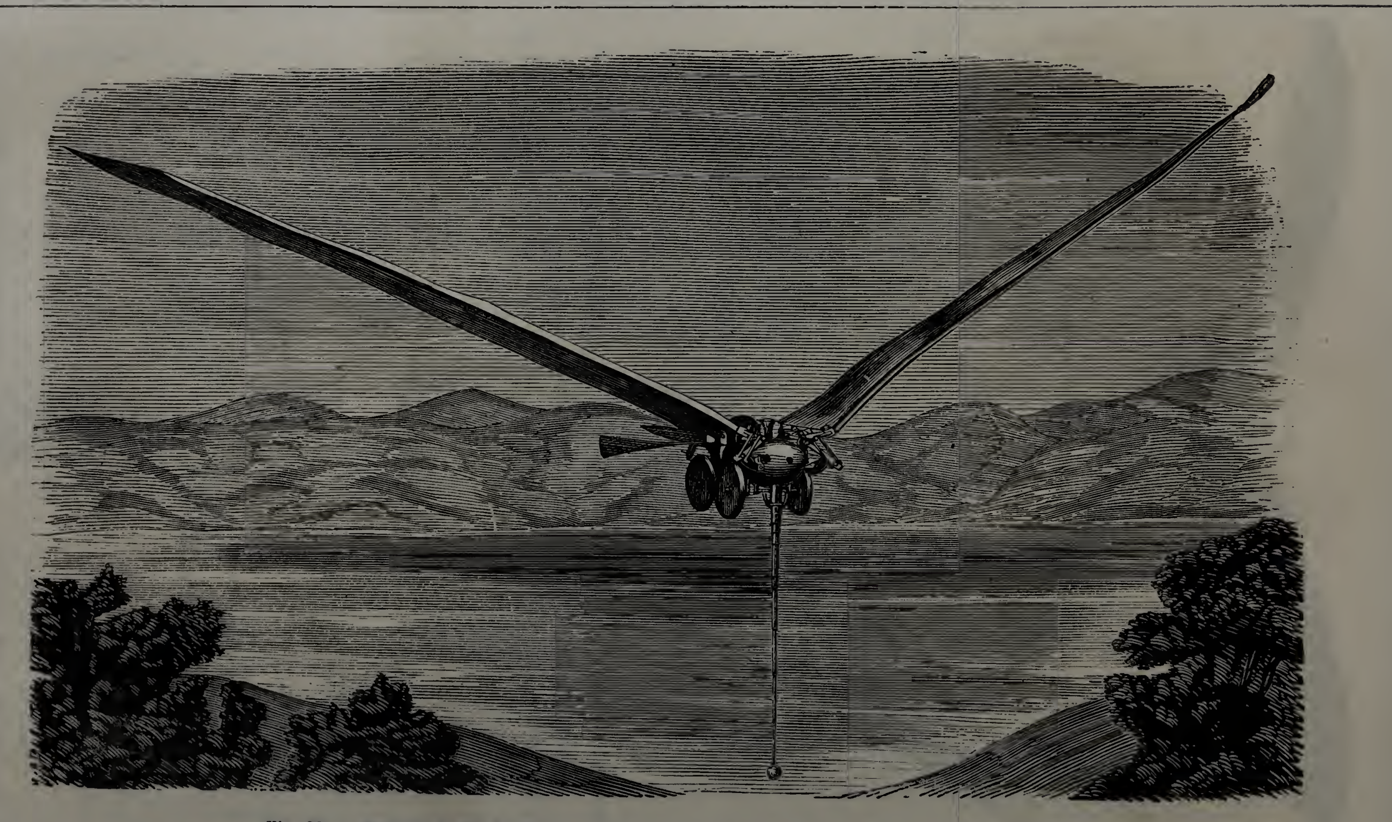


Fig. 26. — Machine de M. Kauffman, propre à voler, à naviguer et à rouler sur la terre ferme.

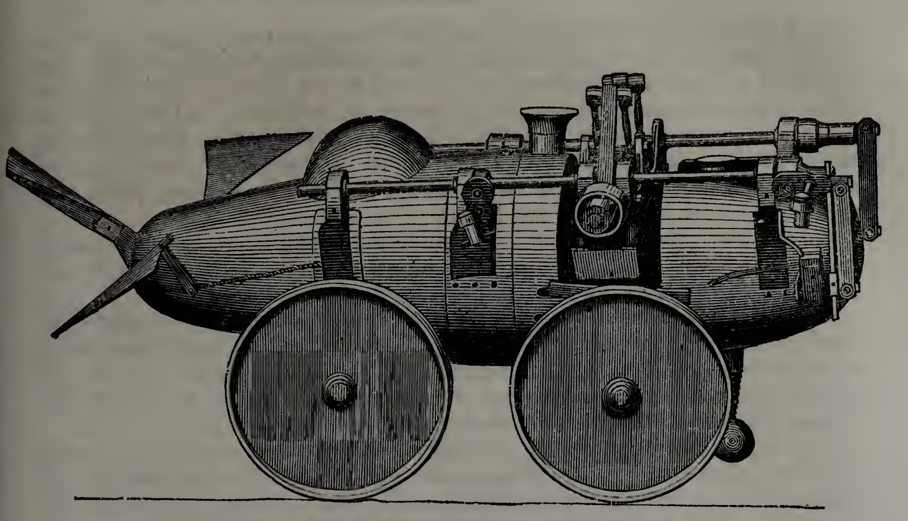


Fig. 27. — Machine de M. Kauffman munie de ses roues.

Fig. 28. — Machine de M. Kauffman vue de face.

M. Artingstall, de Manchester, a construit un appareil dont le poids total est de 425 grammes. Ici le moteur est l'air comprimé agissant, par l'entremise d'un robinet à 4 voies, sur un piston dont le mouvement alternatif met en action deux ailes ayant, en longueur, 0^m. 81, sur 0^m. 23 de largeur. Le résultat ne paraît pas avoir été brillant et M. Artingstall le reconnaît lui-même dans le compte-rendu de son expérience qui se termine ainsi : « C'est l'expérience seule qui donnera la solution. Ce ne sont pas les mathématiciens de cabinet, quelque savant qu'ils soient, qui atteindront le but ».

Un peu de science n'est pourtant pas inutile, même à un praticien habile, comme le prouve le fait suivant qu'on nous permettra de rappeler ici, bien qu'il relève plutôt de l'aérostation proprement dite.

M. John Heath proposait, en 1868, à la société Aéronotique de la Grande-Bretagne un appareil dirigeable ainsi conçu : Au tour d'un ballon ordinaire est un cylindre en étoffe dont l'axe, au repos, a une direction verticale. Ce cylindre peut recevoir, sous l'impulsion qui lui est donnée, de la nacelle, par l'aéronaute, une inclinaison soit de droite à gauche, soit de gauche à droite.

Si le ballon monte tandis que le cylindre possède une inclinaison déterminée, le courant d'air exercera sur les parois du cylindre, une pression qui forcera le ballon à s'élever suivant une ligne oblique. Arrivé à une certaine hauteur, l'aéronaute donnera au cylindre une inclinaison inverse, en même temps il fera descendre son ballon et il se produira, comme précédemment, une pression sur les parois du cylindre, pression qui déterminera une descente oblique. On conçoit, dès lors, qu'avec une série d'ascensions et de descentes combinées avec certaines inclinaisons du cylindre, on puisse obtenir une marche en Zig-Zag qui ait pour résultat final de faire avancer le ballon dans une direction voulue. Remarquons que, pour résister au vent, il faudrait que les mouvements de montée et de descente fussent plus rapides que le vent lui-même. Remarquons encore qu'il est bien difficile, sinon impossible, de faire exécuter au cylindre ses oscillations avec quelque précision. Mais ce qui montre jusqu'où peut s'égarer l'esprit d'un inventeur dénué de connaissances théoriques, cet inventeur fut-il originaire d'Angleterre où le sens pratique, assure-t-on, ne fait jamais défaut, c'est le mécanisme au moyen duquel M. Heath croyait pouvoir obtenir ses mouvements d'ascension et de descente. Son appareil, fig. 25, est porté par une plate-forme *d* reposant elle-même sur le fond de la nacelle. Il consiste en un treuil qui fait tourner un arbre vertical *e*, en un curseur *f* pourvu d'une gaine hélicoïdale traversée par l'arbre *e* et en huit cordes qui, partant du curseur à coulisse *f*, s'enroulent sur huit poulies portées par la chape *b*. Les huit cordes vont enfin converger à un centre commun *c* où elles sont fixées. Le curseur *f*, maintenu par des guides de telle sorte qu'il ne puisse pas suivre le mouvement de rotation de l'arbre, s'élève ou s'abaisse dès que l'arbre tourne dans tel ou tel sens. S'il s'élève, par exemple, il exerce une tension sur les cordes et il en résulte que le support *d* subit une pression correspondante.

M. Heath pensait que cette pression se transmettrait à la nacelle, lui donnerait un poids plus considérable et obligerait ainsi le ballon à s'abaisser. Il ne se rendait pas compte qu'à une pression produite sur le support *d*, correspondaient deux pressions en sens inverses s'exerçant l'une sur le curseur, l'autre sur le centre de convergence des cordes, pressions telles que leur somme était précisément égale à la première et en détruisait l'effet. En d'autres termes, M. Heath ignorait ce principe élémentaire, qu'il est impossible, sans point d'appui extérieur, de créer ou de détruire la force de la pesanteur.

M. Artingstall s'éloignait déjà des aviateurs français, par le poids qu'il donnait à son appareil, M. Kauffman s'en éloigne bien autrement. Il n'aspire à rien moins qu'à doter ses semblables d'une machine avec laquelle on pourra à vo-

lonté, voler dans les airs, naviguer en pleine mer, ou rouler sur la terre ferme. Voilà bien, à coup sûr, l'idéal des véhicules. Par malheur, c'est le propre de tout idéal de ne pouvoir jamais être atteint : la machine de M. Kauffman a roulé, paraît-il; on croit qu'elle pourrait naviguer; mais quant à voler...

Son poids était de 3175 kilogs sous un volume de 7 mètres cubes; elle avait pour moteur une machine à vapeur de 50 chevaux. Nous donnons, dans les trois figures ci-jointes, les modèles de cette machine telle qu'elle était disposée soit pour aller sur terre et dans l'eau, soit, grâce aux ailes qu'on lui adaptait, pour essayer de s'élever dans l'air. Un modèle construit sur une petite échelle a été expérimenté et a donné, des résultats passables, comme voiture ou comme bateau.

Nous nous sommes un peu écartés de l'aviation ; mais nous en avons dit assez pour qu'il soit aisé de constater que cette branche de l'art aérostatique est encore à l'état naissant. L'un des hommes qui s'en sont occupés avec le plus de fruit, M. Pénaud, terminait naguère un récit des derniers résultats obtenus, par ces mots où perce encore l'espérance, mais une espérance bien lointaine : « Pour passer de ces derniers (les petits oiseaux mécaniques) aux grands appareils emportant des voyageurs, il y a d'immenses difficultés à vaincre.

Les hélicoptères et les oiseaux mécaniques paraissent même tout à fait impossibles à réaliser en grand. A notre avis les aéroplanes donnent seuls de l'espérance. Toutefois nous pensons que de longues années nous séparent encore de l'aviation, bien que le principe en soit démontré vrai dès aujourd'hui ».

VI. — L'AÉROSTATION EN 1878.

Sommaire. — *Le grand ballon captif de M. Henri Giffart. — Deux projets de navire aérien exposés par M. Roussel et par M. Poilvilain. — Indications diverses.*

Le Grand Ballon captif. — Nous avons déjà dit un mot de ce gigantesque aérostat qui occupait les esprits bien avant qu'il fut construit. Aujourd'hui il fonctionne dans la cour des Tuileries.

Tous les jours un public nombreux se presse dans l'enceinte au centre de laquelle il s'élève. Bien plus nombreux encore est cet autre public que l'on voit du matin au soir entassé autour de l'enceinte réservée.

Ses ascensions durent environ 20 minutes; elles se succèdent régulièrement et sans autre interruption que celle qui est produite par l'entrée et la sortie des voyageurs, cependant, malgré le prix élevé de chacune d'elles (20 fr. par personne), l'empressement est tel qu'à chaque voyage, un certain nombre d'ascensionnistes est obligé d'attendre le voyage suivant.

Dans nos nombreuses visites au ballon des Tuileries, il nous a été facile de remarquer qu'au moment d'entrer dans la nacelle, plus d'un, parmi les ascensionnistes, a de la peine à se défendre contre une certaine appréhension, tandis qu'au retour, tous les visages sont calmes, souriants, heureux. A la crainte d'un danger succède, dira-t-on, la satisfaction de l'avoir vaillamment affronté. Il y a du vrai, sans doute, dans cette appréciation, mais elle est incomplète. On partait en se demandant quelle contenance on allait avoir à 600 mètres du sol, en se raidissant contre le vertige redouté; on revient aussi émerveillé du spectacle entrevu, qu'agréablement surpris de n'avoir éprouvé aucune émotion pénible. C'est qu'en effet tout le mécanisme, soit celui du ballon, soit celui qui retient l'aérostat pendant ses montées et ses descentes, est exécuté avec tant de préci-

sion, avec une organisation si éminemment scientifique, ainsi que le disait naguère M. Dumas devant les membres de l'Académie des sciences, que l'on est entraîné sans avoir conscience du déplacement subi. Les choses se passent sans la moindre secousse, absolument comme si, le ballon restant fixe, la terre s'éloignait lentement pour offrir au regard, d'abord le panorama de Paris, puis celui des campagnes environnantes. Du reste, l'immense sphère de 36 mètres de diamètre, que les voyageurs ont au-dessus de leur tête, suffit pour dissiper ce sentiment du vide qui est la cause habituelle du vertige.

Si le vent est violent, l'appareil se balance à l'extrémité du cable qui le retient. Alors il se produit un sifflement dans les cordages, et il peut arriver, si le courant d'air est d'une intensité exceptionnelle, que le ballon soit maintenu à 3 ou 400 mètres à droite ou à gauche de son point de départ. Mais ceci est fort rare. Le plus souvent le cable n'éprouve qu'une très-faible inclinaison. Quelquefois même, si le temps est très-calme, il se dresse verticalement.

Il est juste de noter d'ailleurs, pour rassurer les futurs ascensionnistes, que les ascensions captives sont toujours précédées de sondages donnant la direction des couches supérieures de l'atmosphère, ainsi que l'intensité approximative des courants aériens. Ces sondages sont opérés au moyen de ballonnets en baudruche, gonflés avec l'hydrogène. Si ces ballonnets, lancés en liberté, dénotent des courants supérieurs anormaux, l'ascension n'a pas lieu.

M. Giffart a doté l'industrie de plusieurs découverte précieuses dont l'une, l'*Injecteur-Giffard*, a valu à son auteur, en 1859, le grand prix de mécanique décerné par l'Institut; mais ses divers travaux ne l'ont jamais complètement détourné de ses recherches sur l'aérostation. Nous avons rendu compte des deux essais tentés en 1852 et 1855 pour arriver à la direction des ballons et nous avons dit que ces essais, d'une conception aussi brillante que hardie, avaient démontré que le problème tant cherché était désormais théoriquement résolu. Il était, dès lors, certain que le jour où on parviendrait à augmenter considérablement le volume des ballons, sans compromettre leur solidité, on pourrait emporter dans la nacelle un moteur assez puissant pour lutter contre les vents, ces vents fussent-ils d'une certaine violence.

Mais bien des difficultés étaient à vaincre et M. Giffard les a attaquées avec une persévérance qui ne s'est jamais lassée depuis près de 30 ans. Son ballon captif de 1867, cubant 5000 mètres, était déjà considéré comme un progrès notable. Celui de 1869 parut merveilleux, il renfermait 12000 mètres de gaz. Aujourd'hui, c'est bien autre chose, le ballon qui fonctionne dans la cour des Tuileries est un énorme globe dont le volume atteint 25000 mètres cubes.

Nous allons le décrire rapidement pour donner une idée de l'ensemble; ensuite nous reprendrons en détail chacune de ses parties.

Le ballon captif de M. Henri Giffard est sphérique, son diamètre a 36 mètres, et il est recouvert d'un filet aboutissant, à la partie inférieure, à un premier cercle, ce premier cercle en porte un second de moindre dimension et placé plus bas. A celui-ci est suspendue la nacelle et vient s'attacher le cable qui retient le ballon.

Au dessous de la nacelle, le sol a été creusé en forme de vaste cuvette (voir figure 29.) Le cable descend au fond de cette cuvette, s'enroule sur une poulie à mouvement universel et arrive à un treuil, après avoir parcouru toute la longueur d'un petit tunel ménagé dans le sol à cet effet.

Le treuil est mis en mouvement par une machine à vapeur à quatre cylindres dont la force totale s'élève à 300 chevaux. Il est préservé par un hangar, des intempéries de l'air.

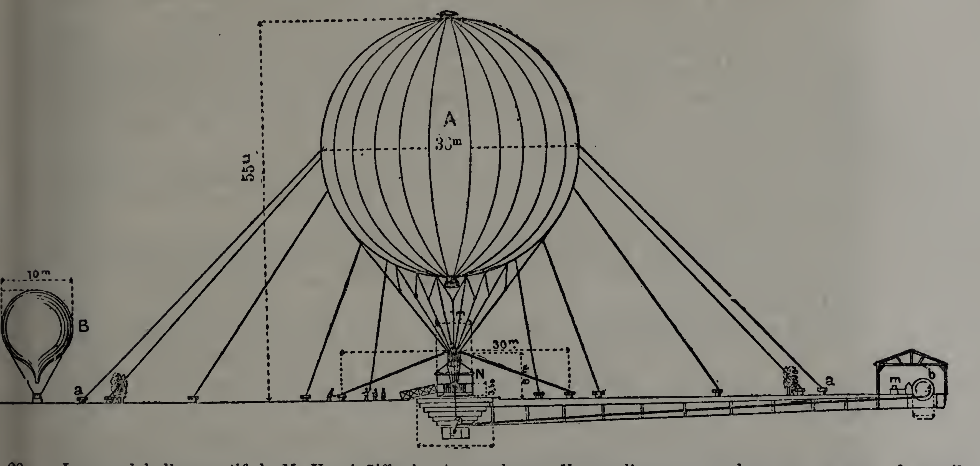
Deux chaudières sont installées, bien qu'une seule suffise pour alimenter les cylindres; mais rien n'est négligé dans l'installation du matériel, et la seconde

chaudière, toujours chauffée comme celle qui fonctionne, est, à tout moment, prête à suppléer celle-ci, en cas de besoin.

Enfin dans un angle de l'enceinte, est dressé l'appareil destiné à fournir l'hydrogène nécessaire, soit pour le premier gonflement, soit pour réparer les pertes qui peuvent se produire ultérieurement.

Des tentes ont été installées sur plusieurs points, pour abriter le public. Elles sont pourvues de sièges nombreux. En outre un orchestre fait tous les jours entendre des morceaux bien choisis. M. Gaston Tissandier à qui M. Giffard a confié l'administration de toute l'entreprise, a voulu, on le voit, réunir tous les éléments de confort et d'agrément.

Quant aux aéronautes qui président aux ascensions, ce sont MM. Eugène et Jules Godard et Camille Dartois. Leur grande expérience, leur sang-froid éprouvé, disent assez que s'il survenait le moindre accident, ils sauraient conjurer le danger qui pourrait en résulter. Nous verrons du reste par l'étude des



29. — Le grand ballon captif de M. Henri Giffard : A, enveloppe; N, nacelle; *a, a,* cordes pour amarrer; *b,* treuil *m,* machine à vapeur; B, volume relatif d'un ballon ordinaire de 1000 mètres cubes.

détails des diverses parties de l'aérostat, que cet accident, est impossible, autant qu'on puisse le dire d'une œuvre humaine.

Étoffe. — On conçoit aisément que pour former l'enveloppe d'un ballon de 25000 mètres cubes. il ait fallu fabriquer une étoffe spéciale, d'une solidité inconnue jusqu'à ce jour. M. Giffart se proposait, en outre, d'obtenir une enveloppe imperméable, pouvant rester gonflée pendant des mois entiers,

La première de ces deux conditions a été complètement remplie. La seconde paraît l'être également. Voici plus d'un mois que le ballon est gonflé, il a fait, pendant ce laps de temps, 10 ou 12 ascensions par jour et il a suffi de lui fournir tous les deux ou trois jours une nouvelle provision d'environ 200 mètres cubes de gaz. Cette quantité, si faible comparée à l'énorme volume de l'aérostat, permet dès maintenant d'affirmer que l'enveloppe est imperméable, ou tout au moins, que s'il subsiste encore quelque déperdition à travers l'étoffe, cette déperdition est inappréciable. Un déficit de 200 mètres cubes, après 30 ou 35 ascensions, ne peut guère, en effet, excéder l'écoulement inévitable qui se produit à chaque ascension par la soupape automatique située à la base de l'aérostat et dont il sera question plus loin.

L'enveloppe imperméable est formée de deux épaisseurs de forte toile de lin, révêtues de deux épaisseurs de mousseline. Ces quatre tissus superposés sont séparés les uns des autres et collés ensemble par du caoutchouc liquide. Enfin la mousseline extérieure a reçu une couche de vernis composé d'huile de lin cuite et de caoutchouc dissous dans l'essence de térébenthine.

L'adhérence parfaite des 7 épaisseurs de tissus ou de caoutchouc qui constituent l'étoffe, a été obtenue dans les ateliers de M. Rattier, fabricant de caoutchouc, par un procédé analogue à celui dont il a déjà été question à propos du ballon dirigeable de M. Dupuy de Lôme. Ce procédé consiste à faire passer l'étoffe entre deux cylindres qui la compriment fortement en tournant l'un sur l'autre.

On a fabriqué ainsi 46 pièces d'étoffe ayant chacune 90 mètres de longueur sur 1^m 10 de large. C'est dans ces 46 pièces que les fuseaux de l'enveloppe ont été taillés. Un atelier avait été disposé à cet effet dans la cour des Tuileries.. Mais avant de procéder à la taille des fuseaux, toutes les bandes d'étoffe avaient été soumises à l'épreuve d'un étirage après lequel il ne put subsister aucun doute sur leur solidité. Voici comment a été opérée cette épreuve :

Chaque extrémité du fragment de bande soumis à l'étirage est fortement pincée entre deux tiges de fer serrées par des boulons. L'une des extrémités est fixée à un poteau ; l'autre est reliée à une corde qui s'enroule sur un treuil. Un peson, indiquant la puissance de l'effort produit, sert de trait d'union entre cette corde et la bande d'étoffe.

Le treuil, mis en mouvement par 4 hommes, a permis de produire une tension de 1000 kilogrammes et nulle bande n'a été employée sans avoir auparavant supporté cette tension pendant un quart d'heure.

Or, par ses calculs, M. Giffart établit que le maximum de tension éprouvé par l'enveloppe sous l'action du gaz du ballon gonflé, ne peut pas dépasser le tiers de 1000 kil.

Ainsi on est absolument certain que la force de résistance de l'étoffe est environ triple de l'effort auquel elle aura à résister. En outre, par la durée de l'étirage, on obtient un certain allongement qui prévient ceux qui pourraient se produire plus tard sous la pression du gaz.

Cette opération terminée, on a procédé à la taille des fuseaux. Chacun d'entr'eux devait avoir une longueur de 56 mètres pour constituer l'un des éléments de la sphère de 36 mètres de diamètre, que M. Giffard se proposait de construire. On ne pouvait songer à les tailler d'une seule pièce sans s'exposer à des irrégularités. C'est ce qui a conduit à fractionner le patron d'un même fuseau en 14 fragments qui sont devenus autant de patrons séparés. Les fragments 1 et 14, figure 30, qui terminent le fuseau en haut et en bas, ont une longueur de $1^m,60$; tous les autres sont égaux entr'eux et mesurent $4^m,20$.

Remarquons que les fuseaux ne se terminent pas en pointe à leurs extrémités. Au pôle Nord, comme au pôle Sud, il fallait réserver l'emplacement occupé par les soupapes. Ces soupapes sont circulaires et leur rayon est de $1^m,02$. Les fragments 1 et 14 du patron ont dû, par conséquent, être tronqués à $1^m,02$ du point qu'ils atteindraient s'ils avaient pu être prolongés de manière à finir en pointe.

Tels qu'ils ont été confectionnés, nous aurons la longueur réelle d'un méridien du ballon en faisant la somme des longueurs de tous les fragments d'un même fuseau, en ajoutant à ce chiffre les rayons des deux soupapes et en doublant le total ainsi obtenu :

Longueur du fuseau : $4^m,20 \times 12 + 1^m,60 \times 2$ . . . . $= 53^m,60$
Rayon des soupapes : $1^m,02 \times 2$ . . . . $= 2,04$

$55^m.64$

N

Longueur d'un méridien $55^{m},64 \times 2 = 111^{m},28$.

D'un autre côté, le ballon est formé de 104 fuseaux dont la largeur maximum est de $1^{m},07$; son équateur est donc :

$$1^{m},07 \times 104 = 111^{m},28$$

Ainsi, les méridiens et l'équateur sont égaux en longueur et l'aérostat est une sphère parfaite.

Avec les dimensions ci-dessus, le diamètre du ballon serait $35^{m},50$ et son volume 23,500 mètres cubes. Mais l'enveloppe, quelle que soit sa résistance et malgré l'étirage subi, conserve encore une certaine élasticité, grâce à laquelle, sous l'effort de la pression du gaz intérieur, il est permis d'admettre que l'aérostat atteint, et dépasse peut-être, le volume de 25,000 mètres cubes donné par M. Giffard comme étant le volume réel.

Le travail de couture a été opéré séparément pour chaque hémisphère du ballon. Les 7 fragments de chaque demi-fuseau ont d'abord été assemblés : ensuite les demi-fuseaux ont été cousus les uns aux autres. C'est plus tard seulement, comme on va le voir, que les deux hémisphères ont été réunis pour former la sphère complète.

Deux coutures parallèles relient entr'eux tous ces fragments d'étoffe. Cela suffit pour donner toute garantie de solidité. Mais le gaz aurait pu trouver une issue dans les trous faits par l'aiguille, et on a obviée à cet inconvénient en recouvrant les coutures, à l'intérieur d'une bande de mousseline collée à l'étoffe par une couche de caoutchouc liquide, à l'extérieur d'une seconde bande, collée comme la précédente, mais formée de deux épaisseurs de mousseline séparées l'une de l'autre par une couche de caoutchouc vulcanisé. Ces bandes font corps avec l'enveloppe du ballon et adhèrent si bien qu'on a de la peine à les distinguer.

L'opération de la couture, grâce à l'emploi de machines à coudre, a pu être terminée en quelques jours, mais on ne sera pas surpris qu'elle ait nécessité une activité prodigieuse, si l'on tient compte de l'épaisseur de l'étoffe et si l'on songe que toutes les coutures, ajoutées bout à bout, atteindraient une longueur totale de plus de 15000 mètres.

Lorsque les deux hémisphères ont été terminés, on les a enduits du vernis dont nous avons déjà parlé. Ensuite l'enveloppe a été peinte, dans son entier, au blanc de zinc afin qu'elle absorbât le moins possible le calorique des rayons solaires, et fut ainsi soustraite à toute éventualité d'une tension anormale.

Cela fait, la soupape inférieure a été mise en place et c'est alors, seulement, que la couture équatoriale, devant réunir les deux hémisphères, a été exécutée d'après la méthode déjà suivie pour les autres coutures. Enfin la soupape supérieure a été installée à son tour. Dès lors l'enveloppe était terminée.

Les dernières opérations, vernissage, peinture, pose des soupapes, coutures équatoriales, ont été effectuées sur le point même qui devait être, plus tard, le point de départ des ascensions captives. La cuvette creusée dans le sol avait été à cet effet, recouverte d'un plancher.

1,07

S

Fig. 30. Un fuseau.

Soupapes. — Les aérostats ordinaires sont pourvus d'une seule soupape placée au sommet du ballon et restent constamment ouverts à la

partie inférieure. Le ballon captif de M. Giffard est muni de deux soupapes, l'une au sommet, l'autre à la base.

La soupape supérieure est sans objet dans les ascensions captives ; mais si le cable, malgré toutes les garanties qu'il présente venait à se rompre, elle permettrait de manœuvrer l'aérostat devenu libre, comme on manœuvre tous ceux que nous voyons fréquemment parcourir les airs.

La soupape inférieure s'ouvre automatiquement sous la pression du gaz, dès que ce dernier est en excès. Elle permet au gaz de s'échapper aisément ; mais elle a sur l'ouverture toujours béante, cet avantage sensible surtout pour un ballon dont l'accès est ouvert au public, d'empêcher le gaz de se dégager d'une manière permanente et de répandre constamment son odeur fort désagréable parmi les voyageurs de la nacelle.

M. Giffard a fait construire des soupapes d'un modèle tout nouveau. Celle du haut et celle du bas ont entr'elles de très-grandes analogies; mais elle diffèrent assez, dans quelques unes de leurs parties, pour qu'on ne puisse pas les confondre dans une description commune.

La soupape supérieure consiste en un disque métallique circulaire dont les bords sont redressés, Elle a la forme d'une sorte de plateau à liqueurs dont les bords cylindriques auraient 7 ou 8 centimètres de hauteur et le fond un diamètre de 55 centimètres. Un ressort à boudin supporte le disque métallique et le maintient fortement appuyé contre une couronne de caoutchouc placée au dessus. Les bords redressés du disque, en s'incrustant dans le caoutchouc, rendent la fermeture parfaite. La corde qui met la soupape en communication avec la nacelle est fixée au disque même.

Tout ce mécanisme est adapté au centre d'un chassis circulaire, en étoffe très-épaisse, qui est, elle-même, solidement reliée à l'enveloppe du ballon. L'enveloppe du ballon et l'étoffe du châssis viennent se croiser l'une sur l'autre; deux cercles, l'un en dessus, l'autre en dessous, fortement reliés ensemble par des boulons, pincent les deux étoffes et les font adhérer l'une à l'autre d'une manière aussi parfaite qu'on puissent le désirer.

Enfin une tente en étoffe, maintenue par une légère charpente en bois au-dessus de la soupape, met celle-ci à l'abri des intempéries de l'air.

La disposition de la soupape inférieure diffère de la précédente en ce que le ressort à boudin est plus sensible ; il faut en effet qu'il permette au disque de s'abaisser sous l'effort d'une très-légère pression du gaz en excès. Ce disque est plus grand que celui du sommet du ballon son diamètre atteint $0^m,80$ et livre, au besoin, passage à des masses considérables de gaz.

L'étoffe fermant le châssis de la soupape inférieure, est munie de quatre orifices ; le premier laisse passer, à frottement doux, la corde de la soupape supérieure; le second n'est ouvert que pour recevoir le tuyau de gonflement qui amène l'hydrogène; le troisième est fermé par une vitre qui permet d'examiner l'intérieur de l'aérostat ; le quatrième donne passage à un manomètre indiquant la force de pression du gaz enfermé dans l'enveloppe.

Le mécanisme des soupapes de M. Giffard est tout aussi simple que celui des soupapes à clapets généralement employées en aérostation. Il a cet avantage précieux de donner une fermeture beaucoup plus rigoureuse pendant toute la durée d'une ascension.

Filet. Cordages. — Pour que le filet puisse porter la nacelle, une quarantaine de voyageurs, le câble, la provision de lest, etc., pour qu'il résiste, en outre, à la tension exercée par l'excédant de force ascensionnelle, il faut qu'il possède une solidité exceptionnelle, capable de supporter, sans danger, une traction de près de 20000 kilogrammes. Ce résultat a été parfaitement atteint par

l'emploi de cordeaux ayant 11 millimètres de diamètre et fait avec d'excellent fil de chanvre de Naples; mais de tels cordeaux donneraient des nœuds énormes, par lesquels l'étoffe du ballon ne tarderait guère à être usée, si le filet avait été construit d'après les procédés en usage. M. Giffard a imaginé de remplacer les nœuds par un système de croisement ainsi conçu :

On a pris des cordeaux de 4 torons chacun, les torons eux-mêmes étant formés de 4 fils. L'un de ces cordeaux, fixé à une couronne en grosse corde destinée à être placée autour de la soupape supérieure du ballon et à former le sommet du filet, descend jusqu'à la partie inférieure de ce filet, puis remonte pour aller s'attacher de nouveau à la couronne, en un point déterminé avec soin. Toute une série de cordeaux est d'abord installée de la même manière. Ensuite on fixe à la couronne une seconde série de cordeaux qui doivent croiser ceux de la première série et constituer les mailles du filet.

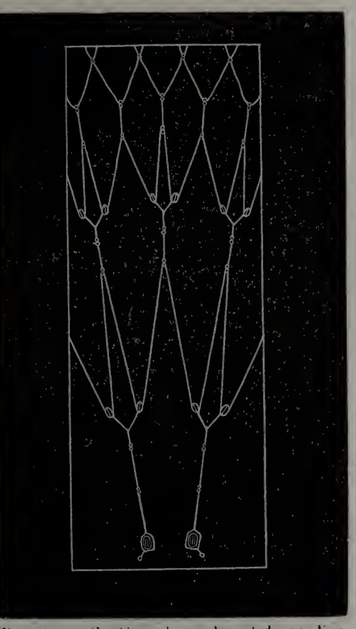


Fig. 31. — Système de cordes et de poulies reliant le filet du ballon captif aux cordes du cercle.

Il a fallu ouvrir, à chaque point de croisement, les cordeanx de la première série pour faire glisser dans l'ouverture les cordeaux de la seconde. Cette première opération terminée pour les 52000 mailles du filet, il était nécessaire d'arrêter les cordeaux, de telle sorte qu'il ne put se produire aucun glissement, aucune déformation. Pour cela, les 4 branches de chaque croisement ont été groupillées à l'aide d'un toron pareil à ceux des cordeaux et recouvertes d'un transfil en petite ficelle goudronnée. On a obtenu ainsi des mailles maintenues, par des ligatures à toute épreuve, dans un état de fixité aussi parfait que par des nœuds. Le renflement produit à chaque croisement est fort peu sensible, cependant M. Giffard a encore craint que ce renflement ne finit par fatiguer son étoffe et il a fait recouvrir chaque ligature d'un fragment de peau de gant. Cette peau de gant découpée en forme de croix, est placée sous le filet. Les 4 bras de la croix viennent se replier en dessus et sont solidement attachés entr'eux au moyen de ficelles passées dans des œillets disposés à cet effet.

La confection d'un pareil filet constitue à elle seule une œuvre considérable, exigeant une précision complète, à défaut de quoi la traction ne serait pas également répartie sur toutes les mailles. Ce travail, portant sur 26000 mètres de cordeaux, a été exécuté à la corderie centrale de MM. Fretté et Cie à Montreuil, d'après des épures tracées par M. Giffard et sous la direction de MM. Yvon et Dardaud. « Au milieu de l'usine, dit à ce sujet M. Tissandier, un vaste cirque a été construit; trois balcons circulaires y ont été établis; 118 ouvriers superposés les uns au-dessus des autres pouvaient exécuter successivement les différentes séries de la fabrication. Sur le sol du cirque on procédait à l'entrecroisement des cordes; le filet ainsi ébauché était hissé à la partie supérieure de l'enceinte et les ouvriers installés sur les balcons circulaires fixaient les cordes aux points de leur entrecroisement, en y faisant de solides ligatures à l'aide de ficelle goudronnée. »

Voyons maintenant par quel système de cordages ce filet à été relié à la

nacelle. Chacune des mailles qui terminent le filet (figure 31) porte une corde qui, elle-même, à une faible distance de son point de suspension, se dédouble de telle sorte que chacune des deux branches, après s'être enroulée sur la gorge d'une poulie, remonte pour aller s'attacher à l'extrémité de la corde suspendue à la maille voisine. Il existe ainsi un premier rang de poulies dont le nombre est égal à celui des mailles du filet. Ces poulies réunies deux à deux portent un second rang placé au-dessous du premier et dans lequel le nombre des poulies se trouve diminué de moitié. Celles-ci, grâce à une disposition indentique, communiquent, par groupes de deux, à des moufles.

On sait qu'une moufle consiste en deux chapes portant un même nombre de poulies qui tournent autour d'un arc commun. L'une des chapes est fixe, l'autre est mobile. La figure 31, laisse voir les chapes supérieures de deux des moufles désignées ci-dessus. En se reportant à la figure 32 on trouvera les chapes inférieures, ainsi que la continuation de l'agencement qui constitue le système de suspension de la nacelle. Il est aisé de se rendre compte comment, à deux moufles est suspendue une seule poulie, et à deux de ces dernières est encore suspendue une seule poulie placée plus bas. Celle-ci enfin est attachée à un grand cercle A. (fig. 32)

Si nous allons en remontant, nous trouvons 16 poulies reliées directement au cercle; puis 32 au rang immédiatement au-dessus; puis 64 moufles. Au-dessus des moufles est un rang de 120 poulies, qui est à son tour, surmonté d'un dernier rang de 256 poulies en communication avec les mailles inférieures du filet.

Les moufles. dans ce système de suspension ont un but déterminé qu'il est utile de signaler. On peut à volonté allonger ou raccourcir les cordelettes qui mettent en communication chacune des chapes supérieures avec la chape inférieure correspondante. Grâce à cette manœuvre, celle-ci s'éloigne ou se rapproche de la première et, par suite, la nacelle est à son tour éloignée ou rapprochée du ballon.

Cercles. — Les 16 poulies inférieures sont reliées ainsi que nous l'avons indiqué, par 16 cordes, à un grand cercle A. Ce cercle, d'une solidité qui ne laisse rien à désirer, est composé de trois éléments superposés : 1° une grosse corde; 2° une couronne creuse en acier dont la corde remplit parfaitement la capacité; 3° une gaine en bois qui recouvre la couronne d'acier.

Le diamètre extérieur du cercle γ est de $1^m,60$; son diamètre intérieur de $0^m,84$.

Le diamètre d'une de ses sections est $\frac{1,60 - 0,84}{2} = 0^m,38$.

De ce grand cercle partent 8 cordes qui vont s'attacher autour du second cercle B de moindre dimension que le premier, situé à une faible distance au-dessous de celui-ci et formé d'une seule couronne d'acier recouverte d'une solide enveloppe en cuir épais. C'est à ce second cercle que la nacelle et le câble viennent s'attacher. Quant au grand cercle, il porte, outre les cordages dont nous avons parlé, 8 fortes cordes qui servent à amarrer l'aérostat lorsque celui-ci doit être maintenu à terre pendant un certain temps.

Nacelle. La Nacelle (figure 32,) consiste en une galerie annulaire à double fond, dont le diamètre est de 6 mètres. Cette galerie, sur le plancher de laquelle 40 ou 50 voyageurs peuvent tenir aisément, a 1 mètre de largeur : elle contourne donc un vide circulaire de 4 mètres de diamètre, au centre duquel passe le cable. Deux parapets en bois de noyer forment les parois latérales de la galerie et s'élèvent à $1^m,20$ au-dessus du plancher. Le parapet intérieur est surmonté d'une balustrade qui rend tout danger de chute impossible de ce côté.

La nacelle est suspendue par 16 cordes à un cercle en bois C qui a comme elle, un diamètre de 6 mètres et qui forme en quelque sorte le prolongement du parapet extérieur.

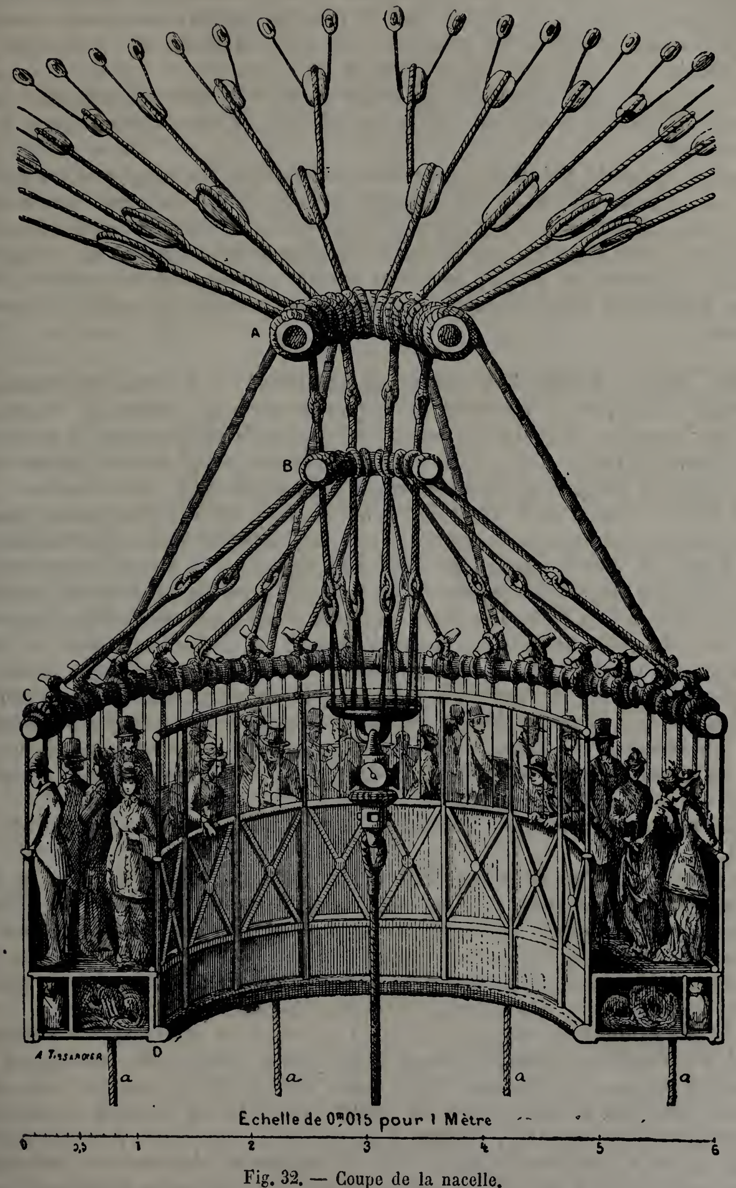


Fig. 32. — Coupe de la nacelle.

Dans l'intervalle qui sépare chacune des 16 cordes de suspension on a établi des cordelettes verticales allant de la nacelle au cercle en bois, en assez grand nombre pour que le corps d'un homme ne puisse pas passer entre deux d'entr'elles.

Ainsi de ce côté, comme du côté du parapet intérieur, nulle chute n'est à redouter.

Nous avons dit plus haut que du petit cercle B partaient les cordes de suspension de la nacelle; mais ces cordes n'aboutissent pas à la nacelle elle-même, elles se rattachent au grand cercle en bois C. Sur ce grand cercle sont solidement fixés 16 gabillauds; chacun de ceux-ci sert de point d'attache à une corde; deux de ces cordes vont se réunir en une seule, un peu au-dessus des gabillands, et cette dernière va s'enrouler sur le cercle B.

La nacelle est donc suspendue au cercle en bois; celui-ci est suspendu au petit cercle B qui l'est à son tour au grand cercle A. Enfin le grand cercle A est relié au filet.

Dans la soupente ménagée au-dessous du plancher de la galerie, on installe tous les engins propres à un voyage aérien : sacs de lest, guide-rope, ancres, etc... M. Giffard, on ne saurait trop le répéter, a pris les précautions les plus minutieuses pour prévenir tout accident capable de transformer les ascensions captives en ascensions libres; mais cela ne l'a pas empêché de prévoir le cas où une rupture de câble viendrait à se produire quelqu'invraisemblable qu'elle paraisse.

Câble, Peson, Poulie à mouvement universel. — Le câble de même que la nacelle, est suspendue au cercle B, auquel il arrive en passant au centre de la galerie annulaire déjà décrite; mais il n'est pas directement fixé à ce cercle. Il est d'abord attaché à un peson qui est lui-même porté par un disque horizontal. C'est ce disque qui est directement relié au cercle B par 8 cordes.

Il a fallu recourir, pour le câble, à un mode spécial de fabrication, rendu nécessaire par son énorme grosseur, par sa longueur de plus de 600 mètres et surtout par la décroissance que subit son diamètre. A mesure que le ballon s'élève, sa force ascensionnelle décroît en raison de la raréfaction de l'air ambiant et parce qu'au poids du ballon vient s'ajoûter d'une manière continue, un nouveau poids du câble déroulé. La traction exercée sur celui-ci diminue donc progressivement pendant que le ballon s'élève. C'est là ce qui explique comment M. Giffard a pu faire fabriquer un câble de grosseur décroissante, sans nuire en rien à sa solidité. Il retirait de ce système l'avantage de ne pas charger inutilement son aérostat. Du reste, la force de résistance du cable est calculée de telle sorte qu'il puisse supporter un effort double de celui auquel il sera soumis à tous les moments de l'ascension.

La partie forte résiste à une traction de 40,000 kil. et la partie faible à celle de 20,000.

Son diamètre, à l'une de ses extrémités, a $0^{m},085$; il a $0^{m},065$ à l'autre. M. Giffard en a confié l'exécution à la corderie de M. M. Besnard-Genest père et fils et Bessonneau, à Angers. Cette maison de premier ordre qui fournit des cables à la marine, aux exploitations de mine, etc, dont l'outillage est à la hauteur de ses importants travaux, a cependant été obligée de recourir à des moyens exceptionnels pour satisfaire aux désirs de l'éminent ingénieur.

Les 4 torons dont se compose le câble ont d'abord été fabriqués à l'usine suivant les procédés ordinaires, avec de la ficelle goudronnée, seulement de distance en distance on diminuait le nombre des ficelles de chaque toron afin d'obtenir plus tard la décroissance du cable. Cela fait, les 4 torons, ayant chacun 900 mètres de longueur, ont été transportés sur l'une des promenades de la ville; on les a tendus avec soin et on s'est mis en mesure de les tordre pour former le câble, qui a été fait en une seule pièce. Ce travail a été exécuté à la main, par 90 hommes occupés soit aux manivelles, soit à surveiller et régler la marche de l'opération. Il n'a pas fallu moins de 16 heures pour le mener à bonne fin.

M. Giffard, au moyen d'un appareil spécial mis en action par une puissante presse hydraulique, a éprouvé la solidité du cable devant une commission d'ingénieurs délégués par la Préfecture de Police, commission qui était chargée d'estampiller tout le matériel avant que le public fut admis aux ascensions.

Le peson mentionné plus haut est formé de deux cylindres d'acier reliés l'un à l'autre par 8 ressorts en fer. Il est muni de 4 cadrans verticaux sur lesquels se meut une aiguille qui indique la tension éprouvée. La graduation de ces cadrans a été établie avec soin depuis la traction de 100 kil. jusqu'à celle de 25000 kil.

La poulie placée au fond de la cuvette creusée dans le sol doit remplir deux conditions essentielles. Elle doit, à une solidité capable de résister à la traction considérable exercée sur elle, joindre une mobilité qui lui permette de s'incliner suivant toutes les directions dans lesquelles le câble pourra être entraîné par les courants atmosphériques. M. Giffard est parvenu à satisfaire à ces deux conditions en adoptant une forte poulie en fonte de $1^m,60$ de diamètre, montée sur une chape en fer forgé. La chape est adaptée à l'extrémité d'un levier, d'après une combinaison qui lui permet d'exécuter un mouvement de rotation. Mais le levier lui-même, monté sur un arc doublement articulé, peut osciller d'avant en arrière et de droite à gauche, et entraîner nécessairement la poulie dans ce double mouvement. Un contre-poids fixé à l'extrémité du levier, opposée à celle qui porte la poulie, tend à ramener celle-ci dans une position verticale, dès que le câble n'exerce sur elle aucun effort.

L'axe qui porte tout le système est rivé sur deux poutres en bois de 12 mètres de longueur, sur $0^m,50$ de hauteur $0^m,40$ d'épaisseur. Quant aux poutres, elles s'enfoncent profondément dans des masses de maçonnerie qui constituent un scellement à toute épreuve.

Nous verrons, en décrivant le treuil, comment le câble, après s'être engagé dans la gorge de la poulie à mouvement universel, après avoir parcouru la longueur du tunnel qui va de cette poulie au treuil, arrive jusqu'à ce dernier et s'enroule autour de lui.

Treuil, machine à vapeur, frein régulateur. — Un treuil ordinaire consiste en un cylindre dont l'axe horizontal est porté par deux coussinets et dans lequel les extrémités de l'axe se prolongent au-delà des coussinets, forment un double coude et constituent les manivelles.

Tout autre est celui du ballon captif. Son cylindre est creux, son axe est rivé, à ses deux extrémités, à deux roues dentées, fig 33. Ces roues portent deux tourillons qui tournent sur deux coussinets en bronze et chacune d'elles s'engrène avec une petite roue mise en mouvement par la machine à vapeur comme nous le verrons tout à l'heure.

Tel est ce treuil dans son principe, examinons-le dans ses détails : cinq manchons en fonte, de 2 mètres de longueur sur $1^m,70$ de diamètre et d'une épaisseur de $0^m,03$, constituent le cylindre. Ces manchons sont pourvus, à chaque extrémité, d'une saillie intérieure qui a permis de les relier les uns aux autres par 32 boulons.

Le cylindre ainsi formé a une longueur totale de 10 mètres. Il est revêtu de 10 anneaux, également en fonte, fortement assujettis entr'eux. Sur la surface extérieure des anneaux est creusée une cannelure formant autour du treuil 104 tours de spire et allant en décroissant comme le câble. C'est dans cette cannelure que celui-ci vient s'engager et les dispositions sont prises de telle sorte qu'il puisse être enroulé complétement sans avoir à se replier sur lui-même.

Les grandes roues dentées, ou roues d'engrenage, en fonte comme les manchons du cylindre, sont fixées au treuil par des boulons et portent deux tourillons de même métal. Les coussinets en bronze sur lesquels tournent les tou-

rillons sont rivés à des madriers solidement encastrés dans des murs en maçonnerie. Le treuil dans son ensemble, constitue une pièce énorme dont le poids total atteint 42000 kil. Il est mis en mouvement par une machine à vapeur

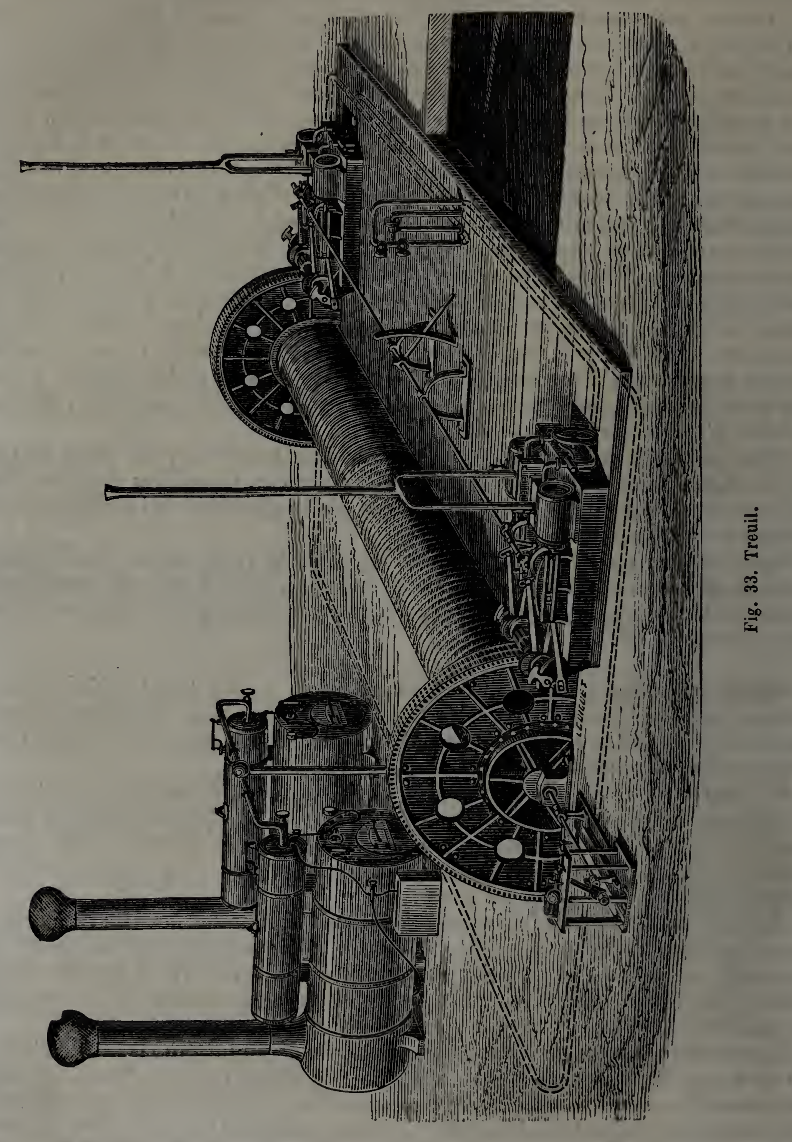


Fig. 33. Treuil.

à 4 cylindres, dont deux sont en avant de la roue d'engrenage de droite, tandis que les deux autres sont en avant de celle de gauche.

Les pistons des deux cylindres situés d'un même côté, agissent de concert pour faire tourner un petit arbre dont le milieu est pourvu de dents. Ces dernières s'engrènent avec les dents de celles des deux grandes roues du treuil qui

leur fait face et le mouvement des pistons est tel que quand l'un termine sa course, l'autre arrive au milieu de la sienne. Grâce à cette disposition il ne se produit aucune intermittence dans le mouvement de rotation.

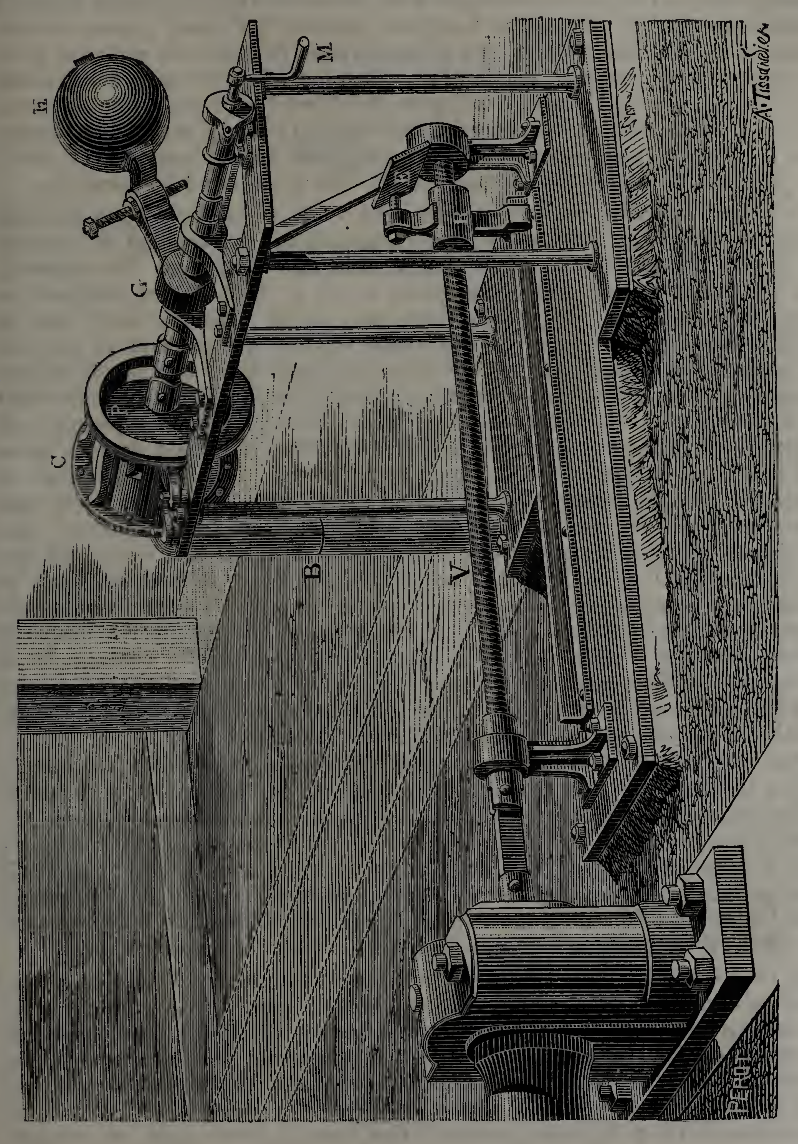


Fig. 34. — Frein régulateur.

Voyons maintenant comment on peut, à volonté, faire monter ou descendre l'aérostat au moyen de la machine qui vient d'être succintement décrite. Supposons d'abord que le ballon soit au point culminant de son ascension et qu'on veuille le faire descendre. La vapeur fournie par les chaudières installées en arrière du treuil, est amenée, par des conduits dissimulés dans le sol, jusqu'aux tuyaux

verticaux placés sous la main du mécanicien (1er plan de la figure 33) ces tuyaux sont au nombre de trois; si la figure parait en représenter quatre, c'est parce qu'entre le second et le plus en arrière, se trouve une forte tige métallique n'ayant d'autre rôle que de servir de tuteur à cet ensemble. Le mécanicien ferme le robinet supérieur et laisse ouvert le robinet inférieur. La vapeur amenée dans le tuyau situé en arrière, monte dans ce tuyau, passe dans celui du milieu et de là se rend dans les cylindres. Aussitôt les pistons mis en mouvement déterminent la rotation du treuil. Le robinet inférieur est-il fermé ? le treuil s'arrête et l'aérostat reste stationnaire. Est-il ouvert de nouveau ? l'aérostat reprend se marche vers le sol. Cette manœuvre est d'une simplicité extrême et s'opère sans la moindre difficulté ni le moindre déploiement de force de la part du mécanicien.

Pendant l'ascension du ballon, celui-ci en vertu de sa force ascensionnelle oblige le câble à se dérouler; le treuil transmet son mouvement de rotation aux arbres qui sont en communication avec la tige des pistons des cylindres. Ces pistons exécutent leur mouvement de va et vient et les machines se trouvent transformées en pompes foulantes. Si les robinets placés sous la main du mécanicien étaient dans la même position que pendant la descente du ballon, l'air aspiré dans les cylindres monterait dans le tuyau du milieu, redescendrait dans le tuyau postérieur et serait refoulé dans les chaudières; mais si le robinet inférieur est fermé et qu'au contraire le robinet supérieur soit ouvert, l'air, au lieu de se rendre dans les chaudière redescend dans le tuyau antérieur d'où il serait répandu dans l'atmosphère, si M, Giffard n'avait eu l'heureuse idée de l'employer pour le frein régulateur. Ce frein (fig. 34) se compose d'une vis V emmanchée dans l'un des tourillons du treuil, tournant, par conséquent, avec ce dernier et ayant un nombre de spires égal à celui des spires du treuil. La vis en tournant fait avancer un écrou R maintenu dans sa position verticale par une rainure qui lui permet de glisser sur une lame métallique. Quand l'écrou approche de la fin de sa course, il va frapper le disque E qui est porté par le levier G E. Le levier, à son tour, soulève le contre-poids H et imprime un mouvement de rotation à un piston creux sur les parois duquel sont pratiquées des ouvertures. Ce piston se meut dans l'intérieure d'un cylindre C muni également de plusieurs ouvertures latérales.

L'air refoulé par les cylindres, pendant l'ascension de l'aérostat, est amené, dans le tuyau B, de là il se rend dans le cylindre C, par les ouvertures duquel il se répand dans l'atmosphère. Du moins les choses se passent ainsi tant que l'écrou n'a pas encore agi sur le levier et que les ouvertures du piston correspondent à celles du cylindre. Mais dès que le levier est soulevé, le piston ferme progressivement le passage laissé à l'air et il arrive un moment où, ce passage étant tout à fait intercepté, l'air ne peut plus s'échapper. Aussitôt le mouvement des pistons de la machine à vapeur s'arrête et le ballon est maintenu fixe.

La vis du frein, avons-nous dit, et le treuil ont un même nombre de spires. Leurs mouvements sont solidaires. L'écrou arrivera donc à l'extrémité de la vis au moment précis où le câble sera complétement déroulé. A ce moment les ouvertures du cylindre C seront obstruées. En supposant une inadvertance peu admissible du mécanicien, le frein régulateur, imaginé par M. Giffard, suffirait pour arrêter la marche de la machine à vapeur et il présente ceci de remarquable que l'arrêt qu'il produit, au lieu d'être brusque, arrive après un ralentissement qui augmente progressivement à mesure que les orifices du cylindre sont de plus en plus obstrués.

On peut encore arrêter l'ascension de l'aérostat quand on veut, au moyen du frein et sans avoir recours au jeu des robinets. La manivelle M permet en effet de faire tourner le piston dans le cylindre C. Le frein régulateur est à la fois

automatique si on le laisse livré à lui-même, et soumis à la volonté du mécanicien, si ce dernier juge utile d'avoir recours à la manivelle.

Fabrication de l'hydrogène. — M. Giffard, pour le gonflement de ses bal-

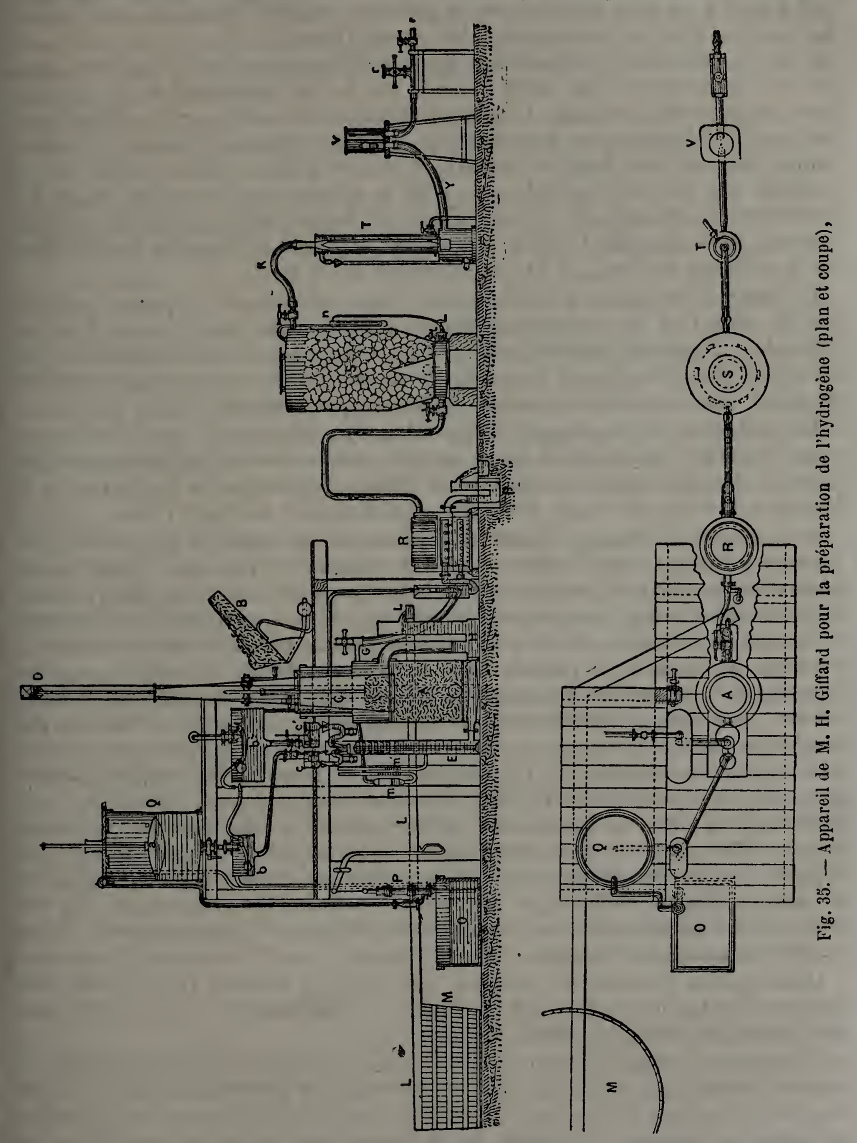


Fig. 35. — Appareil de M. H. Giffard pour la préparation de l'hydrogène (plan et coupe).

lons de 1867 et de 1869, avait encore recours au mode de fabrication de l'hydrogène employé par le physicien Charles. Il s'était borné à perfectionner la disposition de l'appareil qui avait donné le gaz du premier ballon gonflé au gaz inflammable.

Un procédé si long, si coûteux était loin de le satisfaire. Il a songé d'abord à

l'autre méthode déjà connue, celle qui consiste à décomposer la vapeur d'eau par le fer porté à une température très-élevée ; ses recherches l'ont conduit à un excellent résultat. L'appareil au moyen duquel il fabrique l'hydrogène *par voie sèche*, permet d'obtenir ce gaz à raison de 5 centimes par mètre cube, c'est-à-dire à un prix très-inférieur à celui du gaz de l'éclairage, Mais quelles que puissent être les conséquences heureuses d'une telle découverte au point de vue de ses applications industrielles, nous la laisserons de côté, M. Giffart ayant donné la préférence à un autre procédé qui lui est également dû. La fabrication par voie sèche nécessite toujours l'entretien d'un foyer, or M. Giffard voulait pouvoir fabriquer son gaz sur place. Le foyer placé à proximité du ballon aurait présenté des dangers sérieux. C'est ce danger qui l'a rejeté vers la méthode dite *par voie humide*, vers celle de Charles, que son génie inventif a totalement tranformée. Il est même permis de dire qu'il a créé une méthode nouvelle, sans cependant cesser d'employer la réaction chimique occassionnée par le mélange de l'eau, de l'acide sulfurique et du fer.

La figure 35 reproduit très-exactement toutes les parties de l'appareil imaginé par M. Giffart et qui fonctionne depuis près de deux ans à l'usine Flaud et Cohendet. L'appareil installé aux Tuileries a des proportions plus grandes, car il est peut-être plus élégant d'aspect, cependant il a reçu quelques modifications de détail, mais conserve les mêmes éléments que celui de l'usine Flaud.

La production de l'hydrogène s'opère dans le générateur *A*, garni intérieurement de feuilles de plomb, et divisé en deux compartiments superposés, par une plaque horizontale percée de petits trous. Dans le générateur on fait arriver de la tournure de fer et de l'acide sulfurique abondamment mélangé d'eau.

La tournure est fournie, selon les besoins, par le chariot B qu'on peut faire basculer à volonté ; elle se déverse dans le gueulard *C*, d'où elle tombe dans le générateur qu'elle peut remplir depuis la plaque percée de trous jusqu'au sommet. L'acide et l'eau, amenés par le tuyau E, arrivent au-dessous de la plaque et, venant de réservoirs placés à une assez grande hauteur, pénètrent avec force, à travers les trous de la plaque, dans la tournure de fer. Aussitôt la réaction s'opère avec une activité d'autant plus grande que, grâce à l'extrême division du fer, les points de contact sont très-multipliés. Le sulfate de fer produit par la réaction reste en dissolution dans l'eau en excès et est déversé dans le tube en U, H d'où les conduits L, L, L, l'amènent dans le réservoir M. Il est à remarquer que, grâce à la position élevée des réservoirs à eau et à acide sulfurique, le liquide tend toujours à s'élever dans le générateur. L'écoulement de l'eau chargée de sulfate de fer se fait d'une manière permanente et la tournure n'est pas exposée à se revêtir d'une croûte de ce sulfate qui empêcherait le contact du fer avec le liquide. Celui-ci, de son côté se renouvelle constamment. Les éléments de la réaction sont donc sans cesse en présence et le dégagement de gaz conserve sensiblement la même intensité pendant toute la durée de l'opération.

Dans l'ancien procédé, au contraire, qui consistait à réunir l'eau, l'acide et le fer dans des tonneaux, la réaction allait en se ralentissant assez vite par suite des dépôts inévitables de sulfate sur le fer.

L'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau monte à la partie supérieure du générateur; mais un système de fermeture hydraulique, que l'on peut soulever au moyen de la poulie D dès qu'il convient d'introduire une nouvelle provision de tournure, l'empêche de s'échapper par l'orifice supérieur et ne lui laisse d'autre issue que le tube G. Du générateur l'hydrogène arrive dans le laveur R, d'où il passe dans le dessicateur S, puis dans le réfrigérant T, puis enfin sous la cloche en verre V qui remplit en quelque sorte l'office de compteur. A la cloche en verre est adapté un tube muni de deux robinets *r* et *r'*;

l'un sert aux prises d'essai, l'autre donne passage au gaz qui débouche dans le tuyau en caoutchouc adapté à la base de l'aérostat.

Le laveur consiste en un réservoir laissant tomber en pluie l'eau qu'il renferme ; cette eau s'écoule ensuite au dehors par le tube en U, P. Introduit à la base du laveur par une série de petits tubes, le gaz traverse d'abord la colonne d'eau accumulée jusqu'à la hauteur de l'orifice du tuyau P, ensuite l'eau qui tombe en pluie du réservoir supérieur ; il est ainsi débarrassé des matières étrangères qu'il peut entraîner.

Dans le dessicateur S se trouve de la chaux vive destinée à dépouiller le gaz de la vapeur d'eau dont il est chargé. Un manomètre N permet de constater si le dégagement s'effectue régulièrement et sans être obstrué, à travers la chaux.

Le réfrigérant n'est autre chose qu'un manchon traversé par le tube à gaz et dans lequel passe, de bas en haut, un courant d'eau froide.

Par l'examen de la figure 37 il est aisé de se rendre compte de la disposition du petit appareil que nous avons assimilé à une sorte de compteur. Sous la cloche en verre V se trouve un tube vertical ouvert à la base et pourvu d'une fente latérale. Un cylindre creux, mais fermé en haut et en bas, se meut très-librement dans ce tube et, par ses montées et ses descentes, dégage plus ou moins la fente latérale. L'hydrogène amené dans le tube ne peut pénétrer sous la cloche qu'à travers la fente. Il soulève donc plus ou moins le cylindre qui obstrue cette fente, suivant qu'il arrive en quantité plus ou moins grande. C'est précisément la longueur de la fente dégagée qui permet d'apprécier la quantité de gaz fabriqué, ainsi que de s'assurer si la fabrication suit une marche régulière.

Nous avons suivi l'opération dans tous ses détails, sans expliquer comment l'eau et l'acide sont dosés et dirigés vers le générateur après avoir été convenablement mélangés. Il importe cependant de ne pas clore la description de l'appareil de M. Giffard sans mettre en relief la combinaison fort ingénieuse qui a permis de résoudre cette première partie du problème. L'acide sulfurique est élevé, au moyen d'une pompe, du récipient O dans le réservoir Q. Celui-ci est pourvu d'un flotteur indiquant le niveau de l'acide et d'un tuyau de dégagement qu'un robinet permet d'ouvrir ou de fermer à volonté. Si le robinet est ouvert, l'acide descend dans le vase *b*, tandis qu'à côté de ce vase s'en trouve un second *b'*, d'une capacité plus grande, dans lequel arrive l'eau de la ville. Dans ces vases (fig. 36) sont deux flotteurs munis de leviers disposés de telle sorte que lorsque le liquide atteint une certaine hauteur, ces leviers agissent sur deux soupapes qui interceptent l'arrivée de l'eau et de l'acide sulfurique. En outre si l'eau venait à manquer dans le vase *b'*, le levier du flotteur, appuyant sur le levier du flotteur du vase *b*, obligerait celui-ci à fermer la soupape du tuyau qui fournit l'acide. Grâce à cette combinaison, on a la certitude que l'acide cesse d'arriver au générateur dès que le vase *b'* n'est plus approvisionné de l'eau nécessaire à la réaction.

Deux tuyaux font communiquer les vases *b* et *b'* avec les vases *c* et *c'* pourvus, l'un et l'autre, à leur base, d'orifices librement ouverts mais de grandeurs différentes. La section des orifices a été calculée de manière à laisser couler l'eau et l'acide dans des proportions déterminées ; mais pour que ces proportions ne varient pas, il ne suffit pas que la section des deux orifices soit constante, il faut encore que la hauteur de chute soit toujours la même pour les deux liquides. Voici comment cette dernière condition a été remplie : Les deux vases *c* et *c'* sont munis de deux flotteurs et les tuyaux amenant l'acide et l'eau sont fermés par deux robinets.

Il est facile après quelques tâtonnements de régler l'ouverture des deux robinets de telle sorte que les deux flotteurs se maintiennent toujours au même

niveau. Dès lors le dosage des deux liquides se fait de lui-même; il ne reste plus qu'à les mélanger. Pour cela, deux tubes recourbés amènent l'eau et l'acide dans le cylindre E qui aboutit au générateur. C'est dans ce cylindre que s'opère le mélange grâce à un système de plaques, ou *chicanes*, qui font tomber les liquides de l'une à l'autre par une série de cascatelles situées alternativement à droite ou à gauche.

La méthode employée par M. Giffard pour fabriquer l'hydrogène permet d'éliminer le sulfate de fer dès sa naissance et d'éviter les encroutements du fer. Elle met constamment en contact les éléments de la production de l'hydrogène et donne à cette production une intensité sensiblement uniforme pendant toute la durée de l'opération.

Quoiqu'elle soit plus coûteuse que la méthode dite par voie sèche, elle constitue encore une énorme économie sur les procédés en usage jusqu'à ce jour, et

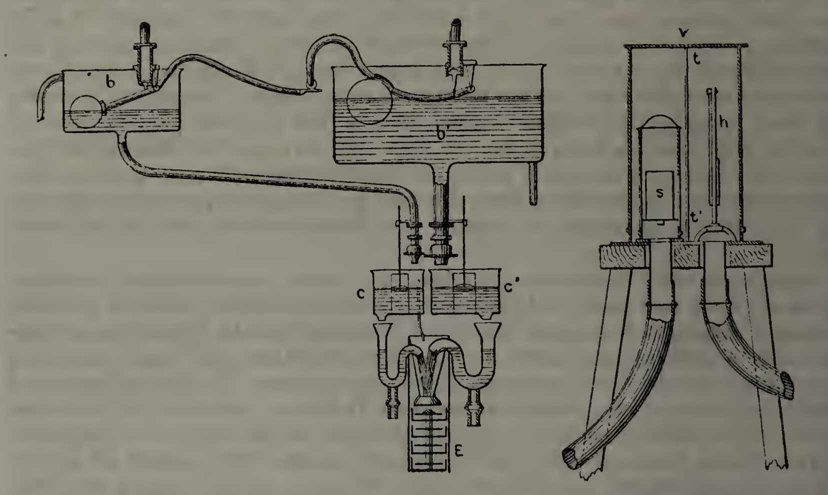


Fig. 36. — Détails des vases *b* et *b'* et des mesureurs d'eau et d'acide *c c'* de la fig. 34.

Fig. 37. — Détails du vase V de la fig. 34.

fournit le gaz à raison de 30 centimes le mètre cube, c'est-à-dire au même prix que le gaz d'éclairage. Il importe d'ailleurs de remarquer que si ce prix minime a pu être atteint, c'est grâce à la valeur du sulfate de fer entraîné par l'eau en excès, dans le réservoir M, figure 35. Ce sel se dépose sous forme de cristaux au fond du réservoir et est recueilli pour être livré au commerce.

Deux projets de navire aérien *exposés par M. Roussel et par M. Poilvilain.* — Puisque la commission militaire, présidée par M. le colonel Laussedat, s'est abstenue de révéler au public le résultat de ses recherches, résultat si considérable à en juger par ce que nous en avons dit précédemment, d'après M. le colonel Laussedat lui-même, nous pourrions, sans craindre d'être taxés d'un partialité trop criante, limiter notre étude sur l'exposition de 1878, au compte-rendu du ballon de M. Henri Giffard. Mais il n'est pas défendu, même dans une publication très-sérieuse, de passer du grave au doux. Parlons donc des projets que M. Roussel et M. Poilvilain ont envoyés à *l'Exposition collective ouvrière* située, avenue de Labourdonnaye à côté de la grande exposition.

M. Roussel, dans une notice jointe à un spécimen de son projet de navire

aérien, nous apprend qu'il exerce la profession de concierge. Cette profession très-honorable lui laisse sans doute assez de loisir pour lui permettre de se livrer aux fantaisies d'une imagination ardente. Impatient des liens qui le retiennent dans sa loge de l'avenue du Coq, nº 4, il laisse aller librement sa rêverie à travers les airs sillonnés par la gent bienheureuse des oiseaux. Bref, M. Roussel a trouvé la *Solution de la Direction de la Navigation aérienne par le vol d'oiseau à ailes mécaniques plus lourd que l'air et l'obliquité.*

Tel est le résultat authentique auquel l'ont conduit, assure-t-il, *29 ans de recherches et de travaux mécaniques*, basés sur l'étude du vol de l'oiseau le Grand-Aigle. Son système consiste en un navire armé de 6 mâts, de 28 vergues et 56 ailes mécaniques, 24 de ces ailes sont à tribords, 24 à babord, 8 autres sont fixées au mât qu'il nomme mât de *proue coupe-vent*. Ces dernières doivent donner au navire l'impulsion en avant; les 48 autres, ont pour but de créer la force ascensionnelle qui le fera planer dans l'atmosphère.

Sans dire un mot des résistances produites par le mouvement de toutes ces ailes, sans songer que, plusieurs d'entr'elles étant superposées, le travail des unes sera en grande partie détruit par celui des autres, convaincu que 10 ailes ayant, par exemple, 1 mètre de surface produiraient le même effet utile qu'une seule dont la surface serait de 10 mètres, M. Roussel déclare qu'il peut lutter contre les 32 courants d'air, s'élever ou descendre sans danger, marcher par les temps calmes avec une vitesse de 28 kilomètres à l'heure. Enfin il assure aux *amateurs acquéreurs* qui l'honoreront de leur visite, qu'outre l'épreuve photographique de son navire perfectionné, il leur montrera deux paires d'ailes au moyen desquelles, dit-il, il obtient son point d'appui sur l'air ambiant. Avis aux amateurs acquéreurs...

M. Poilvilain est à la fois un philosophe humanitaire et un inventeur. Il veut répandre les bienfaits de la civilisation dans les contrées à peine connues du centre de l'Afrique et, comme une telle entreprise lui paraît nécessiter des moyens de locomotion extraordinaires, il a conçu le projet de la *voiture saharienne* qui permettra de parcourir en 8 jours toute l'étendue du grand désert de Sahara. L'auteur de ce projet, dont les plans, accompagnés de légendes plus ou moins explicatives, sont exposés dans la même salle que le navire aérien de M. Roussel, s'est inspiré des idées de Lana et de celles de Meusnier. Au premier, il emprunte sa sphère creuse dans laquelle on peut faire le vide quand on veut s'élever; au second, le ballonnet à air condensé qui permet de descendre.

Son système est basé, dit-il, sur le principe de la division des gaz en deux masses, et sur certains déplacements du centre de gravité.

Bien que le projet de M. Poilvilain dénote certaines connaissances en mécanique, il est douteux qu'on parvienne jamais à y découvrir le germe d'une solution pratique du grand problème d'exploration philanthropique que s'est proposé son auteur.

Indications diverses. — Il y aurait au point de vue de l'aérostation, un grand intérêt à étudier les perfectionnements apportés aux machines motrices. C'est là en effet une question à laquelle l'avenir de la Navigation aérienne est intimement lié. Les moteurs à gaz surtout sont en ce moment l'objet de recherches qui sont loin de rester infructueuses. Ils ont l'avantage de réduire à des proportions relativement minimes le poids et le volume de l'engin moteur; mais ils développent une quantité énorme de chaleur qui nécessiterait l'emploie de masses d'eau très-considérables pour amener un refroidissement suffisant. Dans leur état actuel ces moteur sont encore d'une application malaisée à l'aéronautique.

Parmi les machines à vapeur, il s'en trouve au Champ de Mars qui sont de

vraies merveilles de légèreté, en raison de la force qu'elles fournissent; d'autres cousomment des quantités de combustibles très-réduites, ou bien utilisent la vapeur avec plus de fruit que naguère. Tous ces résultats sont précieux à recueillir pour ceux que préoccupe la science aérostatique où le grand problème à résoudre serait d'obtenir une force très-grande par un moteur très-léger.

Mais l'étude de tous ces moteurs, quoiqu'étant faite très-rapidement, nous entraînerait beaucoup trop loin du sujet spécial qui nous occupe. Nous renverrons donc nos lecteurs aux articles de cette publication qui traitent la question des arts mécaniques.

MARINE ET CONSTRUCTIONS NAVALES[1]

PAR

M. GALTIGNY, INGÉNIEUR

(suite)

Les machines marines appartiennent à la classe 67; celles qui dépendent de la section française sont exposées dans l'annexe construit sur la berge, en amont du pont d'Iéna. C'est là que se trouvent les expositions du Ministère de la marine et des compagnies de paquebots. Les maisons Claparède, Cail, Farcot, Stappfer de Duclos, Caillard, etc., sont représentées par des machines marines ou des appareils moteurs auxiliaires pour navires; on y voit également des dessins de machines exposées par la Société nouvelle des forges et chantiers de la Méditerranée et par M. Normand, du Havre. — En dehors de l'annexe, le Creusot expose dans son pavillon particulier, une machine marine destinée à un transport de l'État. — Enfin nous trouverons dans la classe 54 un certain nombre d'appareils, qui tout en appartenant à la mécanique générale, intéressent aussi la marine.

Les sections étrangères offrent peu d'objets se rapportant à la mécanique navale. — Citons cependant les trois modèles de machines exposés par Penn, et celui qui est exposé par Maudslay, véritables objets d'art par leur exécution précise et soignée.

Enfin, quelques constructeurs, tant français qu'étrangers, ont envoyé des embarcations qui sont amarrées le long de la berge du Champ de Mars; ce sont la société de construction navale du Havre, MM. Bouron d'Argenteuil, Lewin de Londres, Fleuret, Durenne, etc.

Nous allons passer en revue les principaux de ces objets; nous chercherons à en montrer les particularités les plus intéressantes et à faire ressortir leurs qualités les plus essentielles. Dans cette étude, nous suivrons l'ordre adopté dans l'introduction; nous nous occuperons donc d'abord des machines marines proprement dites et des chaudières, puis des appareils d'embarcation, enfin des moteurs auxiliaires.

MACHINES MARINES

On a vu, à la fin de la première partie de ces études, que le type classique des appareils moteurs de navires était aujourd'hui la machine Compound, c'est-à-dire la machine dans laquelle la vapeur agit successivement par détente dans deux ou plusieurs cylindres. — Jusqu'à présent, on s'est borné à faire détendre la vapeur dans deux cylindres seulement; les machines dites à trois cylindres ne sont en réalité qu'une variété des machines à deux cylindres, dans lesquelles il a paru utile, pour diverses raisons que nous aurons à examiner, de subdiviser en deux le cylindre de détente; mais dans ces appareils

---

(1) Voir page 104 du t. V.

moteurs aussi bien que dans la machine à deux cylindres proprement dite, une certaine quantité de vapeur prise à la chaudière, ne passe que dans deux cylindres avant d'arriver au condenseur.

Il nous est difficile d'entreprendre une description critique des machines Compound, sans examiner, au moins brièvement, les conditions de leur fonction nement, et sans parler de l'étude remarquable qu'en a faite M. de Fréminville, directeur des constructions navales en retrite, aprofesseur à l'École centrale des arts et manufactures. Dans le livre qu'il a publié, aussi bien que dans la conférence qu'il a faite au Trocadéro, il a posé les vrais principes qui régissent la distribution de la vapeur dans ces machines.

La réalisation complète des règles qu'il donne offre souvent de grandes difficultés pratiques; mais on peut être assuré qu'on obtiendra des économies de combustible d'autant plus grandes qu'on s'en rapprochera davantage. Les efforts des constructeurs doivent donc tendre vers ce but.

Nous ne ferons pas une analyse, même sommaire, du livre de M. de Fréminville (1) que nos lecteurs doivent déjà connaître. — Mais nous ne pouvons nous dispenser de rappeler les principales conclusions de ses calculs, conclusions qui ont leur place marquée dans toute étude sur le fonctionnement des machines Compound.

Influence des espaces morts. — Nous ne parlerons pas des perturbations que les espaces morts des cylindres apportent à l'accomplissement de la détente dans les machines à cylindre unique; cette étude, qu'on trouvera en détail dans le livre de M. de Fréminville, donne la clef des économies que permettent de réaliser les machines des types perfectionnées, munies de détentes Farcot et Meyer, et les machines à quatre distributeurs, Corliss, Ingliss, Sulzer, etc.

Rappelons cependant que l'auteur signale ce fait important qu'on peut diminuer les pertes provenant des espaces nuisibles, en arrêtant l'évacuation de la vapeur avant la fin de la course, et déterminant ainsi sous le piston une période de compression.

L'influence nuisible des espaces morts est relativement beaucoup moindre dans les machines composées que dans las machines à cylindre unique; les mêmes organes de distribution qui, dans les machines ordinaires ne permettent pas de pousser utilement la détente au-delà d'une certaine limite, donnent des détentes efficaces beaucoup plus étendues, lorsqu'ils sont appliqués aux machines Compound.

Sans entrer dans l'analyse détaillée de la distribution, on peut faire comprendre la raison de ce bénéfice.

Supposons donc que les organes de distribution soient tels qu'ils donnent des espaces morts égaux à 5 % du volume cylindre; ce rapport est à peu près indépendant de la grandeur absolue du cylindre, il est la conséquence de la réalisation matérielle de la distribution et du jeu qu'il faut nécessairement laisser entre le piston et les fonds du cylindre aux extrémités de la course.

Dans une machine à cylindre unique, la dépense de vapeur est augmentée de la quantité de vapeur nécessaire pour remplir l'espace mort au commencement de la course; si on appelle V le volume du cylindre, la dépense est donc augmentée de $(0,05\ V)\ \pi$, π étant le poids du mètre cube de la vapeur d'admission.

Prenons une machine Compound d'égale force et ayant par suite un grand cylindre égal à V; son petit cylindre sera par exemple $\frac{1}{4}$ V; la grandeur

(1) Études sur les machines Compound.

la grandeur absolue des espaces morts du petit cylindre sera $0,05 \times \frac{1}{4}$ V et la dépense sera augmentée de $(0,05 \times \frac{1}{4} V)\ \pi$ seulement.

Ajoutons que dans les machines compound la contre-pression sous le petit piston ayant une valeur assez élevée, il est possible, moyennant une période de compression d'amplitude restreinte, d'amener la vapeur qui remplit l'espace mort à avoir, à la fin de cette période de compression, une tension égale à celle de la vapeur même d'admission. Lorsque ces conditions se trouvent réalisées, la présence de l'espace mort n'augmente plus la dépense de vapeur, et il ne sort de la chaudière que la quantité de vapeur nécessaire pour remplir le v olume d'admission dans le petit cylindre.

La compression absorbe, il est vrai, une certaine quantité de travail, et occasionne par suite une certaine perte qu'on peut évaluer dans chaque cas particulier; nous verrons de quelle manière.

Somme toute, il est possible de réaliser dans les machines compound avec les organes de distribution usuels, des détentes utiles se rapprochant des détentes obtenues dans les machines à cylindre unique, munies de quatre distributeurs.

Les considérations précédentes sont communes à tous les systèmes de machines compound. Mais les moyens qui permettent de réaliser les bénéfices dont il vient d'être parlé, varient avec chacun d'eux. — Il nous reste à les examiner.

Nous avons vu que les machines compound en usage dans la marine se divisent en deux catégories distinctes: machines à cylindres placés dans le prolongement l'un de l'autre, et machines à cylindres juxtaposés, ayant leurs manivelles conjuguées à 90°. Nous les examinerons séparément.

Machines à cylindres superposés.

Comme nous l'avons dit plus haut, ce système est assez répandu; il a permis de transformer, sans trop de frais, les anciennes machines à pilon à deux cylindres à moyenne pression, en machines compound à haute pression. — A cet effet, on a ajouté sur chacun des deux cylindres existants, un petit cylindre, dont le tiroir a été conduit par la tige du tiroir prolongée; on a mis un condenseur tubulaire, qui souvent a été placé en dehors des bâtis de la machine, les pompes à air anciennes étant utilisées pour le nouveau condenseur; dans les appareils un peu puissants, où la circulation de l'eau refroidissante a été faite au moyen d'une turbine, ces 2 pompes ont encore servi de pompes à air; dans les petits appareils on a souvent utilisé l'une d'elles comme pompe de circulation, et l'autre comme pompe à air. Enfin on a changé les chaudières. Ce système de machines est aussi adopté dans bon nombre d'appareils neufs, présentant soit le type des machines à bielles renversées, soit le type des machines à pilon suivant qu'ils sont destinés à des bâtiments de guerre ou à des paquebots.

Au point de vue de la distribution de la vapeur, ce type de machine présente cette particularité importante, que pour faire varier la puissance développée, tout en restant dans les conditions de perte minimum, il suffit de changer la période d'introduction dans le petit cylindre : Ainsi, si la machine a été primitivement établie en vue de réduire à zéro les pertes de vapeur pour une puissance déterminée, ces mêmes conditions de rendement maximum resteront remplies, quelle que soit la détente effectuée dans le petit cylindre, sans qu'on soit obligé de modifier l'introduction dans le grand cylindre. — Dès lors il est inutile de munir ce dernier d'organes de détente variable.

Cet énoncé a besoin de quelques explications. Pour les rendre plus claires, nous les ferons porter sur une machine en particulier.

On sait que le moyen le plus sûr, le plus précis, et en même temps le plus commode, de connaître le fonctionnement d'une machine est d'étudier les diagrammes relevés sur les cylindres au moyen de l'indicateur de Watt.

Étude des diagrammes relevés sur une machine. — Prenons donc quatre courbes telles que celles représentées planche I, figures 1, 2, 3, 4, relevées sur une machine du système compound à cylindres superposés. Les éléments de la distribution de la machine dont il s'agit sont les suivants :

Rapport des volumes des 2 cylindres.		4
Introduction dans le petit cylindre en fraction de course du piston	Haut vapeur.	0,725
	Bas vapeur. .	0,700
Introduction dans le grand cylindre en fraction de course du piston	Haut vapeur.	0,725
	Bas vapeur. .	0,700

Le petit cylindre est muni d'un organe de détente variable constitué par une sorte de lanterne qui laisse entre elle et le tiroir de distribution fixe un espace mort considérable. Cette détente est réglée de manière à intercepter l'arrivée de vapeur lorsque le piston a parcouru les 0,30 de sa course environ.

Les diagrammes représentés figure 1 et 2 mettent bien en évidence toutes les circonstances de la régulation : de a à b (figure 1) a lieu l'introduction; en b le tiroir de détente est fermé et la vapeur comprise dans les espaces morts volumineux et dans le cylindre se détend suivant la courbe bc; en c fermeture du tiroir d'introduction fixe; les espaces morts diminuant, la courbe de détente s'abaisse en cd; en d commence l'échappement dans la capacité intermédiaire.

Pendant le retour du piston le diagramme présente une ligne inclinée ef qui accuse des pressions décroissantes dans la capacité intermédiaire. — C'est que, en effet, les volumes occupés par la vapeur d'échappement augmentent à mesure que le grand piston accomplit sa course, jusqu'au moment où cesse l'introduction dans le grand cylindre.

En f l'évacuation s'arrête; de f en g, on trouve une période de compression qui fait élever la pression dans l'espace mort placé sous le tiroir de distribution fixe; en g commence l'avance à l'admission.

Les mêmes circonstances se trouvent parfaitement accusées dans la figure 2.

Les choses sont un peu plus simples pour les diagrammes 3 et 4 des grands cylindres : de a' en b', introduction de la vapeur dont la pression, comme nous l'avons vu, décroît progressivement; de b' en c', période de détente — en c' commencement de la période d'évacuation, au condenseur, laquelle se termine en d'; puis, de d' en e', période de compression; et enfin en e', avance à l'introduction.

Étude du fonctionnement de la machine d'après les diagrammes. — Les diagrammes ainsi séparés ne donnent pas de renseignements bien nets ni bien frappants sur les conditions plus ou moins favorables du fonctionnement de la machine. Pour les obtenir, il faut combiner ensemble les diagrammes.

Il convient tout d'abord de s'assurer qu'il n'y a pas de chute de pression trop grande entre le petit et le grand cylindre, chute de pression qui occasionne une perte de travail; pour cela nous ramènerons les 2 diagrammes à la même échelle pour les *courses des pistons* et les *pressions*; et nous les tracerons en les rapportant aux mêmes axes de coordonnées; nous obtiendrons de cette manière la figure 5. Les deux lignes qui représentent, l'une les contre-pressions sous les petits pistons et l'autre les pressions sur les grands pistons, sont juxta-

posées et leur écartement donne la chute de pression entre les deux cylindres. On voit que, dans l'appareil que nous avons pris pour exemple, les deux lignes sont presque superposées, surtout pour le cas du bas vapeur — de ce chef il n'y a qu'une perte minime; on en tire cette conséquence que les proportions des conduits de vapeur et des orifices des tiroirs sont convenablement établies.

Il faut remarquer que les aires des courbes relatives au petit et au grand cylindre, ne donnent pas, telles qu'elles sont, le travail effectué par chacun d'eux; pour avoir ce travail, il faut les multiplier respectivement par les surfaces des pistons.

Cette comparaison n'indique rien au sujet des pertes de travail dues à un défaut de régulation. Pour les mettre en évidence, il est indispensable de combiner les diagrammes de manière à suivre pas à pas les variations de volume que présente la quantité de vapeur introduite dans une cylindrée, et cela, pendant toute la durée de la détente, depuis l'admission dans le petit cylindre jusqu'à l'évacuation au condenseur.

Nous croyons qu'il n'est pas inutile de nous arrêter sur ce point, qui mérite d'être examiné avec quelque détail. Nous ne ferons cette analyse des diverses phases de la détente que pour l'un des côtés des pistons, les phénomènes se passant de la même manière des deux côtés; nous remarquerons seulement que dans les machines de ce système, la vapeur qui a agi *sur* le petit piston, se rend ensuite *sous* le grand; il faut donc combiner ensemble les diagrammes relevés sur les côtés opposés des deux cylindres.

Pour être mieux compris, nous prendrons tout d'abord des diagrammes théoriques qui mettront en évidence les règles à appliquer aux diagrammes réels.

Évaluation des pertes de travail. — Considérons d'abord le cas très-simple de la pleine introduction dans les deux cylindres, en faisant abstraction des espèces nuisibles (figure 6).

ol étant la ligne atmosphérique, prenons l'absisse *ok* proportionnelle au volume du petit cylindre, et l'absisse *ol* proportionnelle au volume du grand cylindre.

Pendant la période d'aller, si *oa* représente la pression de la vapeur, la courbe des pressions dans le petit cylindre sera la ligne droite *ab;* pendant la période de retour ce sera une ligne courbe telle que *bd* — le triangle *abd* représente le travail développé dans le petit cylindre.

Les pressions dans le grand cylindre pendant la course d'admission sont à chaque instant égales aux pressions dans le petit cylindre pendant la course d'évacuation; elles sont représentées par une ligne *amg* qui serait identique à la ligne *bd*, si les abscisses étaient ramenées à la même échelle. Le travail développé dans le grand cylindre est donc représenté par le diagramme *agpq*, si on suppose que la contre-pression soit égale à *pp'* ou *qq'*.

L'ensemble des deux surfaces *abd*, *agpq* donne le travail total de la machine.

Mis sous cette forme, ces diagrammes ne donnent pas encore d'indication bien nette sur la manière dont s'accomplit la détente. Pour y arriver, nous réunirons les diagrammes de la manière suivante : nous augmenterons chacune des abscisses telle que ee_1, de la courbe *ag*, d'une quantité $e_1 f_1$, égale à l'absisse *ef* de la courbe *bd;* la surface du triangle *abg* est égale à celle du triangle *abd* puisque chacun des éléments infinitésimaux compris entre deux abscisses infiniment voisines sont égaux pour les deux triangles.

Le diagramme *a b g p q* représente donc le travail développé dans les deux cylindres, c'est-à-dire le travail d'un volume de vapeur *a b* se détendant dans un volume *o l*. La courbe *b g* donne les variations de pression de la vapeur qui

se détend en vase clos, et si lon admet que ces variations suivent la loi de Mariotte, cette courbe n'est autre qu'une hyperbole équilatère, dont les lignes $o\ a$ et $q_1\ p_1$, sont les assymptotes. La courbe obtenue par la construction précédente est identiquement celle qu'on obtiendrait en faisant travailler la vapeur à la même détente dans un cylindre unique.

Prenons maintenant le cas où la détente commence dans le petit cylindre, l'introduction se faisant à pleine course dans le grand; le diagramme du petit cylindre sera tel que *a b c d*, figure 7; et celui du grand, tel que *h g p q*, les deux courbes *c d* et *h g* représentant toutes deux les mêmes pressions, comme nous l'avons vu plus haut.

Pour réunir les deux diagrammes, nous procéderons comme précédemment; nous augmenterons chacune des abscisses *c é* de la courbe *h g* d'une quantité $c'\ f' = e\ f$; les deux triangles *h c d* et *h c g* sont égaux. La courbe *b c g* représente la loi de la détente du volume *a b* de vapeur; et le diagramme *a b g p q* qui donne, sous la forme usuelle, le travail total développé par la machine, représente également le travail théorique engendré par un volume de vapeur *a b* travaillant dans une machine ordinaire. — La ligne *b c g* est encore une hyperbole équilatère si l'on admet que la détente suit la loi de Mariotte.

Supposons maintenant qu'il y ait une capacité intermédiaire entre les deux cylindres, et admettons que l'introduction se fasse encore à pleine course dans le grand cylindre, figure 8.

Au moment où les deux cylindres sont mis en communication, la capacité intermédiaire se remplit de vapeur; il en résulte une certaine chute de pression dans le petit cylindre; la tension initiale dans le grand cylindre n'est plus égale à la pression qui règne dans le petit à la fin de la période de détente. Les diagrammes se présentent sous la forme *a b c h d* et *k g p q*; les deux courbes *h d* et *k g* étant toujours la représentation d'une seule et même loi. La construction indiquée plus haut donnera une courbe *h f' g*, qui reste au-dessous de la courbe de détente *b c g* du volume de vapeur *a b*. — La présence de la capacité intermédiaire a donc occasionné une certaine perte de travail, représentée par le triangle curviligne *c h g*.

Il est possible de combiner la distribution de manière à diminuer, et même à annihiler entièrement l'effet nuisible de la capacité intermédiaire. — Pour cela il faut n'introduire dans le grand cylindre que pendant une fraction de la course seulement; la vapeur qui s'échappe du petit cylindre, ne trouvant plus d'issue, est comprimée dans la capacité intermédiaire et sa pression s'élève progressivement. Si on fait en sorte qu'à la fin de cette période de compression, la pression de la vapeur soit précisément égale à la pression à la fin de la détente dans le petit cylindre, la perte se trouve annulée. C'est ce que montre la figure 9.

o n représente la fraction de course pendant laquelle l'introduction a lieu dans le grand cylindre. De cette introduction limitée, il résulte que la pression dans la capacité intermédiaire croît à partir du point *h*, et qu'elle arrive finalement à avoir, à bout de course, la même valeur que celle qui existe dans le petit cylindre à la fin de la période de détente.

Le diagramme du petit cylindre sera donc de la forme *a b c h d*, et celui du grand cylindre, de la forme *d m g p q*. Les deux courbes *c h* et *d m* sont toujours la représentation d'une seule et même loi; la courbe *h d* des compressions dans la capacité intermédiaire dépend des volumes relatifs de cette capacité et du petit cylindre; la courbe *m g* est la continuation de la courbe de détente *b c*, car dans un régime permanent tout le volume de vapeur *a b*, a passé dans le grand cylindre; il s'y trouve renfermé et il suit forcément la loi de détente ordinaire qu'exprime la courbe *b c m g*.

Si nous combinons les deux diagrammes comme nous l'avons fait ci-dessus, nous remplacerons le triangle $d\ c\ h$ par le triangle d'égale surface $d\ c\ m$, dont le côté $c\ m$ n'est autre que le raccordement des deux courbes $b\ c$ et $m\ g$.

On voit que l'introduction $o\ n$, qui satisfait à la condition énoncée de supprimer la perte, dépend du volume de la capacité intermédiaire. Ce qu'il y a de remarquable, c'est, ainsi que nous l'avons dit plus haut, que cette introduction ne dépend pas de la durée de l'introduction dans le petit cylindre ; ce fait qui est indiqué par la construction géométrique, figure 9, a été démontré analytiquement par M. de Fréminville. Lorsqu'on fait ainsi varier la détente dans le petit cylindre, le travail total se répartit d'une manière différente entre les deux cylindres ; mais la chose est de minime importance, puisque ce travail total est transmis à l'arbre par une bielle unique.

Par les constructions que nous venons d'indiquer, nous sommes en possession d'un moyen commode et précis d'évaluer les pertes dues à un défaut de régulation dans les machines compound à cylindres superposés.

Application des règles précédentes à des diagrammes réels. — Appliquons-le à la machine dont nous avons donné les diagrammes.

En adoptant la même échelle pour les pressions dans les deux cylindres, et prenant les absisses proportionnelles aux volumes de ces cylindres, on obtient les deux diagrammes de la figure 10.

Si nous considérons le diagramme du petit cylindre, nous voyons que le tiroir d'introduction fixe ferme l'orifice en o. Traçons par ce point la courbe de détente théorique $t\ o\ h$. Cette courbe coupe la ligne $m\ m'$ et t ; $m\ t$ représente, à la pression $x\ m$, le volume de vapeur qui s'est détendu ; comme le tiroir de détente a fermé l'arrivée de vapeur en n_1 ; $n_1\ t$ représente la quantité de vapeur qui remplit les espaces morts placés sous le tiroir de détente, et celle qu'un défaut d'étanchéité du tiroir de détente a pu laisser pénétrer. Ce volume de vapeur est sensiblement égal au volume même introduit dans le petit cylindre au moment de la fermeture du tiroir de détente ; ainsi par la seule défectuosité de ce dernier organe, la détente effective n'est que moitié de la détente nominale, et en outre, la perte de travail qu'elle occasionne, est mesurée par le triangle $t\ n_1\ o$

Cet exemple fait voir avec la dernière évidence les inconvénients de tiroirs de détente imparfaits.

A partir du point a, la courbe effective de détente reste au-dessus de la courbe théorique ; cela tient à la présence de l'espace mort compris entre la glace du tiroir de distribution et le cylindre lui-même, et peut-être aussi à la vaporisation d'une partie de l'eau entraînée avec la vapeur ; en p commence l'évacuation dans la capacité intermédiaire ; il résulte des données de l'appareil que la pression qui existe dans cette capacité est beaucoup plus faible que celle qui règne dans le petit cylindre à la fin de la période de détente, de là une brusque chute de pression $p\ q$. A partir de ce dernier point, l'équilibre s'est établi entre le petit cylindre, la capacité intermédiaire et le grand cylindre ; les premiers dans ces trois espaces suivent une certaine loi représentée par la courbe $q\ r$; puis commence la période de compression $r\ s$ et à partir du point s l'avance à l'admission.

Le diagramme du grand cylindre se présente sous la forme $p\ l\ k\ i\ j$; $p\ k$ représentant les pressions pendant l'admission, et $k\ r$ pendant la période de détente.

Si nous procédons pour ces deux diagrammes comme nous l'avons fait pour les diagrammes théoriques précédents, en reportant en $l\ t\ k$ le triangle $s\ r\ l$, la figure ainsi construite nous donnera le travail total développé dans la ma-

chine. Elle montre que ce travail diffère du travail théorique de toute la surface du triangle couvert de hachures.

On voit en même temps que pour réduire l'importance des pertes, il aurait fallu diminuer l'introduction dans le grand cylindre, de manière à conserver dans la capacité intermédiaire une pression peu différente de celle qui existe dans le petit cylindre au moment de l'évacuation, — il aurait fallu se rapprocher des conditions de la figure 9.

Dans l'étude que nous venons de faire, nous n'avons pas tenu compte des espaces morts compris entre les tiroirs de distribution fixe et les cylindres, parce que nous n'avions pas les données nécessaires. Mais il n'est pas difficile de le faire, ainsi que nous le verrons dans l'étude des diagrammes d'une machine Compound à deux cylindres juxtaposés.

Machines à deux cylindres juxtaposés. — Dans ces machines, les pistons agissent sur des manivelles clavetées à 90°; il en résulte qu'il est indispensable d'interposer entre les deux cylindres un réservoir intermédiaire pour recueillir la vapeur d'échappement du petit cylindre, quand l'introduction au grand cylindre est fermée. Dans la pratique, on fait en sorte que la pression ne varie pas sensiblement dans le réservoir; et dans les conditions habituelles, il suffit pour obtenir ce résultat, de lui donner un volume égal à une fois ou une fois et demie celui du petit cylindre.

Le fonctionnement de ces machines n'est pas comparable à celui des machines à cylindres superposés. Dans ces dernières, les capacités interposées entre les deux cylindres sont de simples conduits faisant communiquer à chaque coup de piston une partie déterminée du petit cylindre avec une partie également déterminée du grand. Dans les machines à cylindres juxtaposés, au contraire, ces capacités sont pour ainsi dire un espace neutre, dans lequel le petit cylindre vient évacuer la vapeur qui a travaillé d'un côté ou de l'autre du piston, et où le grand cylindre puise de la vapeur comme il le ferait dans une chaudière.

Mais il faut remarquer que dans *un régime permanent*, toute la vapeur comprise dans une cylindrée du petit cylindre se retrouve intégralement dans une cylindrée du grand ; c'est cette loi qui autorise à combiner ensemble les diagrammes relevés sur les deux cylindres, et à baser sur cette combinaison l'étude du fonctionnement de l'appareil.

Dans les machines à deux cylindres conjugués sur des manivelles à 90°, il est important de répartir également entre les deux cylindres le travail total développé par la machine, afin de ne pas imposer de fatigue trop considérable aux divers organes de transmission, tiges, bielles, coussinets, etc., et d'avoir un mouvement de rotation aussi régulier que possible.

Cette condition d'égalité des diagrammes peut toujours être réalisée ; et lorsque la machine développe la force pour laquelle elle a été construite, elle n'entraîne aucune perte de travail ; elle se concilie donc avec la condition du rendement maximum.

Ces lois s'expliquent de la façon la plus simple par un tracé géométrique, planche I, figure 11. Considérons un volume de vapeur *a b* à la pression absolue *f a*, et faisons-le détendre jusqu'à ce qu'il occupe le volume *f e*. Les pressions suivent une certaine loi d'après laquelle la courbe *b c d* a été construite. Si l'on admet que les pressions décroissent suivant la loi de Mariotte, cette courbe est une hyperbole équilatère dont les assymptotes sont *fa* et *fe*. L'aire de cette courbe *a b d e f* représente le travail théorique, développé par le volume de vapeur *a b* pendant son admission et pendant la détente dans la capacité représentée par *f e*. Ce travail peut être réalisé théoriquement dans un cylindre unique, dont

le volume serait $f e$, et dans lequel la vapeur serait introduite pendant une fraction de course représentée par le rapport $fh : fe$.

Voyons de quelle manière on pourra recueillir ce travail dans une machine Compound à deux cylindres. — Nous avons dit que la pression au réservoir intermédiaire pouvait être considérée comme constante; supposons-la égale à $f g$. La ligne $g c$ représentera la contre-pression dans le petit cylindre et la pression de la vapeur d'admission au grand cylindre.

On voit que si l'on donne au petit cylindre un volume égal à $g c$ ou $f i$ avec une admission $f h$, on recueillera toute la portion du diagramme placée au-dessus de $g c$. D'autre part, si l'on donne au grand cylindre un volume $f e$, et qu'on introduise pendant la fraction de course $fi : fe$ on recueillera toute la portion du diagramme placée au-dessous de $g c$. Les deux cylindres réunis auront donc donné intégralement tout le travail.

La condition du rendement maximum s'exprime très-simplement, si on remarque que $f i$ représente en même temps, et le volume total du petit cylindre et le volume d'admission dans le grand cylindre; il faut que ces volumes soient égaux.

Cette condition peut être réalisée pour une position quelconque de la ligne $g c$, $g' c'$ par exemple. Dans ce dernier cas, le volume du petit cylindre est $f i'$; le rapport des volumes des deux cylindres a été modifié, la répartition du travail entre les deux n'est plus la même, mais dans les deux cas, on recueille tout le travail de la vapeur.

Lors donc qu'on établit le projet d'une machine, on peut, tout en restant dans les conditions de rendement maximum, placer la ligne $g c$ à la position convenable pour égaliser les deux diagrammes ; toutes les données de la machine s'en déduisent : volume du petit cylindre, introduction dans ce cylindre et dans le grand.

Dans la pratique, on donne au petit cylindre un volume un peu plus faible que ne le voudrait la construction précédente, afin de conserver à bout de course une ordonnée d'une certaine grandeur.

La figure précédente montre en même temps que ces deux conditions de rendement maximum et d'égalité des diagrammes, ne peuvent être remplies à la fois, dans une machine donnée, que pour une force déterminée, celle pour laquelle l'appareil a été construit. Si l'on veut faire varier cette force, on est obligé de sacrifier l'une ou l'autre de ces deux conditions. Ce fait est mis en évidence par le tracé de la figure 2 planche III. Supposons qu'on veuille un accroissement de puissance; pour l'obtenir on augmentera l'introduction dans le petit cylindre et on la portera, par exemple, de $a b$ à $a b_1$ la courbe de détente théorique sera $b_1 c_1 d_1$. Si le volume d'introduction dans le grand cylindre conserve la même valeur $g c$, la pression s'élèvera dans le réservoir intermédiaire jusqu'en g_1; et les diagrammes deviendront $a_1 b_1 c_1 g_1$, et $g_1 c_1 d_1 e' f'$; on recueille encore tout le travail, mais la répartition de ce travail entre les deux cylindres est complètement modifiée.

Pour ramener à l'égalité les puissances développées dans chacun d'eux, on est conduit à augmenter l'introduction dans le grand cylindre et à la porter de $f i$ à $f i_1$, par exemple; la ligne de séparation des deux diagrammes devient $g'_1 c'_1$, et on perd une certaine quantité de travail représentée par la surface du triangle $c_1 l c'_1$. Ainsi l'égalité des diagrammes des deux cylindres conduit à une perte de force, et elle ne peut être obtenue qu'en faisant varier l'introduction au grand cylindre, et par conséquent en munissant ce cylindre d'un organe de détente variable.

Dans la pratique, beaucoup de constructeurs hésitent à ajouter cet organe de détente variable. Ils établissent la machine de manière à réaliser l'égalité

des diagrammes dans la marche normale, acceptant purement et simplement l'inégalité des puissances développées lorsque la machine fonctionne à des allures différentes. C'est qu'en effet, si l'utilité d'un organe de détente variable n'est pas contestable en théorie, en pratique, il présente souvent des inconvénients; d'abord pour qu'il soit réellement efficace au point de vue de l'utilisation de la vapeur, il faut qu'il soit établi de manière à ne laisser que des espaces morts d'un volume relatif très-faible, et il devient alors une installation souvent délicate; il comporte des excentriques dont la surveillance ne doit jamais être laissée en souffrance; enfin, dans les changements de marche il donne lieu à une manœuvre de plus, parce qu'il faut commencer par déclancher la détente.

Substitution de quatre distributeurs aux tiroirs ordinaires. — La solution rationnelle de la distribution de la vapeur dans les machines Compound consiste, à notre avis, dans l'adoption de quatre distributeurs aux deux cylindres. Ce mode de distribution est précieux à différents titres ; il présente le grand avantage de réduire les espaces morts à des proportions relativement minimes, et par conséquent, il diminue l'importance des pertes dues à la présence des espaces morts; il permet de faire varier, suivant des lois arbitraires, les introductions dans les deux cylindres, et de réaliser facilement l'égalité des diagrammes. Ce résultat peut s'obtenir au moyen de distributeurs affectant, soit la forme des tiroirs circulaires Corliss, soit celle de soupapes.

Il nous semble que le système de machine d'atelier à deux cylindres Compound conjugués à 90° qu'a exposée la maison Claparède, pourrait, moyennant modifications, être appropriée au service de la navigation. La grande difficulté provient des allures rapides que comportent forcément les machines marines; la réalisation d'organes de distribution marchant par intermittence, tout en conservant à des vitesses un peu considérables un fonctionnement assuré, est un problème de mécanique pratique très-délicat. Cependant on peut être assuré à l'avance qu'une fois posé, il sera résolu; et nous estimons qu'il le sera dans un avenir peu éloigné, peut-être toutefois, à la suite de quelques tâtonnements infructueux; ce qui nous autorise à formuler cette opinion, c'est de voir que déjà, les constructeurs de machines d'atelier ont augmenté notablement la vitesse des moteurs Corliss, Ingliss, dont les organes de distribution présentent cependant une complication, qui ne serait pas indispensable dans les machines marines. Il ne serait pas absolument nécessaire, en effet, de déterminer la fermeture des orifices par le rappel brusque d'un ressort ou d'un piston. Les tiroirs circulaires pourraient être conduits au moyen de cames disposées d'une manière analogue à celles des machines à soupapes. Avec un pareil mode de distribution, toutes les manœuvres de mise en train, de changement de marche deviennent simples, et en même temps très-faciles.

Études du fonctionnement d'une machine d'après les diagrammes. — L'étude qui vient d'être faite donne le moyen d'établir une machine Compound dans de bonnes conditions économiques ; et inversement le procédé que nous venons d'indiquer, appliqué à une machine existante, permet de se rendre compte de son fonctionnement et de sa valeur économique.

Nous en donnerons comme exemple l'étude d'une machine Compound à deux cylindres, dont les proportions et les éléments sont considérés comme très-satisfaisants. Dans cette machine, le rapport des volumes des cylindres est égal à 3,22 ; les tiroirs des cylindres sont conduits par des coulisses et donnent une régulation dont les éléments sont les suivants :

		PETIT cylindre.	GRAND cylindre.
Période d'introduction en fraction de la course des pistons......	Haut vapeur....	0,44	0,51
	Bas vapeur.....	0,35	0,48
Avance à l'évacuation en fraction de la course des pistons......	Haut vapeur....	0,227	0,165
	Bas vapeur.....	0,22	0,19
Période de compression en fraction de la course des pistons......	Haut vapeur....	0,23	0,195
	Bas vapeur.....	0,23	0,17

Il n'existe de tiroir de détente sur aucun des deux cylindres.
Le rapport des volumes des espaces morts aux volumes des cylindres sont de

0,123 pour le petit cylindre,
0,058 pour le grand cylindre.

La figure 3 pl. III donne les diagrammes tels qu'ils ont été relevés sur le petit et sur le grand cylindres de la machine. Les diverses circonstances de la distribution y sont nettement accusées; mais en restant séparés, ces diagrammes ne donnent que des indications vagues sur le fonctionnement général de la machine.

Pour avoir des données précises sur l'utilisation de la vapeur, il est nécessaire de les combiner suivant la disposition de la figure 11, pl. I, en ayant soin de ramener à la même échelle, les volumes des cylindres et les pressions. On obtient ainsi la figure 1, pl. II, dans laquelle le point o étant l'origine des abscisses c'est-à-dire des volumes des cylindres, les diagrammes se présentent sous la forme $a\ b\ c\ d\ e$ et $v\ k\ m\ n$. Pour représenter dans la figure les espaces morts des cylindres, nous mènerons deux lignes $t\ q$ et $p\ z$ parallèles à l'axe $o\ a$ et distantes de l'origine o d'une quantité qui, à l'échelle de la figure, soit égale au volume de ces espaces morts.

Nous remarquons d'abord qu'il se produit pendant l'introduction dans le petit cylindre, de a en b, une chute de pression assez notable. Cette chute de pression doit être attribuée à l'étranglement des orifices d'admission. De ce chef, résulte une certaine perte mesurée par le triangle $a\ s\ b$.

L'introduction terminée, il se trouve dans le petit cylindre, un volume $u\ b$ de vapeur à la pression $o\ u$, et dans l'espace mort un volume $t\ u$ de vapeur à la même pression. Examinons de quelle manière cette vapeur va travailler.

Le volume total de vapeur $t\ b$ se détend suivant une certaine loi représentée par la courbe $b\ c_1\ h\ i$. Si on admet l'hypothèse, suffisamment rapprochée, que la vapeur se détend suivant la loi de Mariotte, cette courbe n'est autre qu'une hyperbole équilatère ayant pour assymptotes les lignes $q\ t$ et $z\ v$.

Par le même point b faisons passer la courbe de détente d'un volume de vapeur $b\ u$, c'est-à-dire de celui qui est renfermé dans le petit cylindre seulement, abstraction faite des espaces nuisibles. Cette courbe $b\ c\ j$ aura pour assymptotes $o\ a$ et $z\ v$, ce serait la courbe de détente sans la présence des espaces morts. On voit que les espaces morts ont eu pour effet d'augmenter le diagramme d'une quantité égale à la surface du triangle curviligne $b\ c\ c_1$. Au point c commence l'avance à l'évacuation au réservoir, et comme la pression dans le réservoir est plus faible que celle qui existe dans le cylindre à la fin de la période de détente, il en résulte une chute brusque de pression $c\ d$.

A partir du point e l'évacuation est fermée et la vapeur comprise dans l'espace $e\ v'$ est progressivement comprimée ; les données de la régulation de la machine qui nous occupe sont telles que, lorsque le piston est arrivé à bout de

course, la pression de la vapeur dans l'espace mort, est sensiblement égale à *oa*. Au moment où commence l'admission, l'espace mort se trouve donc déjà rempli de vapeur ayant à peu près la pression même de la vapeur d'admission. Ces conditions sont avantageuses au point de vue de la consommation de vapeur; il faut remarquer cependant que la compression a exigé un certain travail, qui se trouve mesuré par le triangle *u e v*.

Ainsi, la présence de l'espace mort a donné d'une part un certain accroissement de travail $b\ c\ c_1$, et d'autre part elle en a absorbé une quantité représentée par *u e v*. La première surface est notablement plus faible que la seconde, de sorte que finalement la présence de l'espace mort est une cause de pertes.

Il ne serait pas impossible de diminuer l'importance de ces pertes. Prenons en effet un volume de vapeur $V + v$ et faisons-le détendre jusqu'à ce qu'il occupe un volume $K (V + v)$; par la détente, il développe un certain travail. Si nous ramenons par la compression une portion $k\ v$ de la vapeur détendue à n'occuper que le volume v, il nous faudra pour cela dépenser une certaine quantité de travail qui, théoriquement, est égale à celle que le volume v avait développée par sa détente en passant de v à $K\ v$. Après ces deux opérations, on aura donc recueilli tout le travail développé par la détente du volume V de vapeur.

Ces conditions peuvent être réalisées dans une machine; mais pour obtenir ce résultat, il faut pousser la détente du volume $V + v$ jusqu'à ce que la pression finale à la fin de la période de détente se trouve la même que celle qui existe au commencement de la période de compression; ou, ce qui revient au même, il faut supprimer la chute de pression à la fin de la détente; on peut se rendre compte de ces faits avec assez de précision sur la figure 1. Si on mène par le point *e* une parallèle à *o l*, on détache un triangle *b g h* qui est mathématiquement égal en surface au triangle *v u e*. On se rapprocherait donc des conditions théoriques en diminuant la chute de pression dans le petit cylindre au moment de l'évacuation.

Avant de poursuivre au-delà de ce point l'étude du fonctionnement de la machine, nous rappellerons que par la compression, on a ramené dans l'espace mort du petit cylindre une quantité de vapeur suffisante pour qu'elle ait, après cette compression, la tension même de la vapeur d'admission. Lors donc que le tiroir ouvre à l'introduction; cet espace mort se trouvant déjà rempli à l'avance, il ne sort de la chaudière que le poids de vapeur nécessaire pour remplir le volume d'admission du petit cylindre, volume qui est représenté par la longueur *b u*. C'est là la quantité de vapeur réellement dépensée à chaque coup de piston, et c'est celle-là seulement qui pénètre dans le grand cylindre. Les pressions dans le grand cylindre après la période d'introduction, doivent donc suivre la loi de détente de cette quantité de vapeur, dont le volume est *b u* à la pression *o u*, loi qui est représentée par la courbe *b c;* si on prend la ligne *a o* pour origine des volumes, cette courbe a pour assymptotes *o a* et *z v*.

L'espace mort du grand cylindre ne change pas cette loi, mais il a une autre influence; *o p* représentant l'espace mort, les volumes occupés par la vapeur dans le grand cylindre doivent être comptés à partir de la ligne *p z*, qui devient l'origine des coordonnées; il faut donc diminuer de la quantité *o p*, toutes les abscisses de la courbe de détente *gj* qui vient en $g'\ j'$, La surface comprise entre ces deux courbes d'une part et entre des ordonnées d'autre part, *représente la perte due à l'espace mort du grand cylindre.*

Moyens de diminuer les pertes de force. — Nous avons donc nettement séparé les diverses causes de perte :

1° La différence entre les deux triangles *u v e* et $b\ c\ c_1$, donne a perte occasionnée par l'espace mort du petit cylindre.

2° Le triangle $c\ d\ y$ représente la perte due à la chute de pression qui se produit du moment de l'évacuation du petit cylindre.

3° Le rectangle $y\ k$ représente la perte causée par l'espace mort du grand cylindre.

Les deux premières pertes seraient diminuées si la ligne $d\ e$ était plus rapprochée du point c, c'est-à-dire si on élevait la pression dans le réservoir intermédiaire en diminuant l'introduction dans le grand cylindre. Dans ce cas, on arriverait à faire développer dans ce dernier beaucoup plus de travail que dans le petit cylindre. On serait donc conduit à changer les proportions relatives de ces organes.

Sans rien changer au volume ni à l'introduction du grand cylindre, on aurait aussi diminué ces deux premières parties du travail en augmentant le volume du petit cylindre, mais à la condition, qui ne semble pas difficile à réaliser, de ne pas accroître la grandeur absolue de son espace mort. Enfin, une diminution dans l'espace mort du grand cylindre, eût permis de recueillir une plus grande proportion du travail théorique, comme nous l'avons dit ci-dessus.

Cette analyse que nous venons d'indiquer, peut se faire avec les mêmes détails, avec la même certitude, sur un simple projet de machine. Toutes les courbes qui nous ont servi sont déterminées par les proportions des deux cylindres, celles de leurs espaces nuisibles et par la distribution de la vapeur. Rien donc ne peut empêcher de les tracer, dès que ces éléments ont été provisoirement arrêtés; elles indiqueront avec netteté et précision de quelle manière il faut modifier ces éléments pour recueillir le maximum de puissance, tout en égalisant les puissances développées par les cylindres.

Machines à trois cylindres. — Les machines dites à trois cylindres, ne sont comme nous l'avons dit, qu'une variété des machines à deux cylindres, dans lesquelles on a jugé utile de remplacer le cylindre à basse pression par deux cylindres.

Cette disposition présente les avantages suivants : D'abord, lorsqu'il s'agit d'appareils très-puissants, la subdivision du grand cylindre en deux autres, permet de constituer l'appareil avec des pièces de plus faibles dimensions, et par suite d'une construction plus aisée; le mouvement de rotation est plus uniforme, ainsi qu'on peut s'en rendre compte très-facilement en construisant les moments des forces motrices; la machine est donc plus roulante et peut, sans excès de fatigue pour les organes, être lancée à des vitesses plus considérables; en outre, le réservoir intermédiaire est plus petit, parce que le débit de la vapeur dans les deux cylindres de détente se fait presque d'une manière continue, et non plus par intermittence.

Par contre, les machines à trois cylindres présentent l'inconvénient d'avoir un plus grand nombre d'organes mobiles, tiroirs, pistons, bielles, etc., sujets à avaries, elles sont plus pesantes, plus encombrantes que les machines à deux cylindres; la surface des espaces remplis par la vapeur présente un développement plus considérable, et occasionne des condensations plus importantes.

Dans ces machines, la régulation doit être établie en vue d'égaliser les travaux développés dans les trois cylindres ; par suite, le cylindre d'introduction qui, dans les machines à deux cylindres, développe la moitié de la puissance totale, n'en doit plus produire que le tiers dans les machines à trois cylindres.

Il est très-difficile d'arriver à ce dernier résultat sans munir les cylindres extrêmes d'organes de détente variable; mais, de même que dans les machines à deux cylindres, ces organes constituent une complication dans le mécanisme, d'autant plus gênante qu'elle porte sur deux cylindres; le plus généralement on se dispense d'en mettre, acceptant ainsi l'inégale répartition du travail entre

les trois cylindres, même pour l'allure normale. C'est toujours le petit cylindre qui produit proportionnellement le plus de puissance, parce que la pression au réservoir intermédiaire est trop faible.

On est donc conduit à donner aux organes mobiles qui transmettent la force, des dimensions plus considérables qui seraient absolument nécessaires, si la puissance était également répartie entre les trois cylindres; en général on conserve à ces organes les dimensions de ceux des machines à deux cylindres d'égale force. Il en résulte, comme conséquence que, malgré la plus grande subdivision de la puissance, on ne diminue pas les forces d'inertie, dont les effets nuisibles se traduisent, comme on sait, par des pressions sur les articulations.

Clavetage des manivelles. — On a reconnu qu'il était avantageux au point de vue de la constance du couple moteur, de disposer les manivelles des deux cylindres de détente à angle droit, et de diriger celle du cylindre d'introduction, suivant la bissectrice de l'angle extérieur.

Nous donnons pl. III, fig. 5, un spécimen des courbes obtenues sur une machine à trois cylindres, elles se rapportent à trois, une machine présentant les éléments suivants :

Rapport du volume du cylindre d'introduction au volume de chacun des 2 cylindres de détente, 3,87.

Durée de l'introduction dans le petit cylindre en fraction de la course du piston, 0,45.

Durée de l'introduction dans chacun des 2 cylindres de détente en fraction de la course du piston, 0,40.

Pression de la vapeur aux chaudières 5 kilog. effectifs. Ces courbes permettent d'analyser le fonctionnement de l'appareil comme nous l'avons fait pour la machine à 2 cylindres. Dans ce cas, il faut prendre pour volume du cylindre de détente la somme des volumes des 2 cylindres à basse pression, et pour espace nuisible la somme des espaces nuisibles de ces derniers cylindres. La pression de la vapeur dans le cylindre de détente fictif que nous considérons sera en chaque point de la course la moyenne des pressions pour les 2 cylindres réels de la machine. Grâce à cet artifice, on réunit en un seul les 2 diagrammes donnés par les cylindres de détente et on retombe dans le cas que nous venons de considérer.

Nous ne reprendrons pas les constructions que nous avons faites pour l'étude de la machine à 2 cylindres, notre but étant seulement d'indiquer la méthode qui permet de se rendre compte du fonctionnement des machines en général, et non d'en faire l'application à des cas particuliers.

Mise en marche des machines Compound. — A l'origine des machines Compound à haute pression, il s'est souvent présenté ce fait que les machines ne pouvaient que difficilement être mises en marche; on disposait bien sur le réservoir intermédiaire une valve pour l'introduction directe de la vapeur dans le cylindre de détente, mais ce moyen restait sans effet pour certaines positions des manivelles; la machine, ou ne bougeait pas, ou stoppait après avoir fait un petit mouvement, soit dans un sens, soit dans l'autre. Nous connaissons des exemples de paquebots restés plus d'une heure sans pouvoir appareiller. Pour les machines marines, c'est là un inconvénient des plus graves, car dans maintes circonstances, par exemple pour l'appareillage dans un port étroit ou dans une rade encombrée, il est indispensable d'être absolument sûr de la manœuvre de sa machine.

Le fait se présentait surtout quand les introductions dans les 2 cylindres

n'avaient lieu que pendant une fraction restreinte de la course du piston, et il est facile de l'expliquer.

Lorsqu'on introduit de la vapeur directement dans le grand cylindre, il faut remarquer qu'il en pénètre aussi dans le petit, par les orifices d'évacuation, et que cette vapeur vient presser le petit piston précisément du côté opposé à celui qui conviendrait pour faire marcher la machine dans le sens voulu. Si donc la vapeur n'est pas introduite de l'autre côté du petit piston par les orifices d'admission les 2 pistons sont antagonistes, et il peut se présenter des cas où non-seulement la machine ne part pas, mais encore où, la mise en train étant disposée pour la marche avant, elle fait un mouvement en arrière.

Supposons par exemple que l'introduction au petit cylindre soit réglée à 0,40 de la course, et que la machine soit arrêtée lorsque le petit piston a parcouru 0,60 de la course; le grand piston se trouve alors avoir dépassé le point mort d'un angle de 7° seulement. On ouvre la valve du petit cylindre, comme dans cette position le tiroir ferme l'orifice, la vapeur n'y pénètre pas et la machine reste stoppée. On ouvre alors la valve d'introduction directe dans le réservoir; la vapeur presse sur le grand piston et sous le petit, mais tandis que l'effort exercé par le premier ne donne sur l'arbre qu'un moment extrêmement faible, en raison de la position de la manivelle, celui qui est exercé sur le petit piston agit à l'extrémité d'un bras de levier beaucoup plus considérable et peut avoir une influence prédominante.

On se rend compte de ces faits avec une très-grande exactitude, en construisant pour chaque position des manivelles, la courbe des moments des forces qui tendent à faire partir la machine, et on en déduit en même temps le procédé pratique pour corriger ce défaut.

Dans les machines à 2 cylindres, il suffit de disposer les organes de distribution du petit cylindre de telle sorte que, pour la mise en marche, on ait des introductions de 0,65 à 0,70; dans toutes les positions où l'effort antagoniste du petit piston serait prédominant, la vapeur s'introduit des deux côtés de ce piston et annule cet effort.

Les mêmes inconvénients se présentent dans les machines à trois cylindres. On y remédie en faisant communiquer les deux côtés du cylindre milieu par un tuyau de très-faible section ; le cylindre milieu se trouve annihilé, et la machine, devenue pour un instant machine ordinaire à 2 cylindres avec introduction directe dans chacun d'eux, part avec certitude.

Exposition de MM. Claparède et C .

En rentrant dans le bâtiment de la classe 67 par la porte du pont d'Iéna, nous trouvons tout d'abord l'exposition extrêmement intéressante de la maison Claparède et Cie. Nous ne nous occuperons ici que des appareils moteurs, laissant à nos collaborateurs les soins de parler des nombreuses constructions de tous genres qu'on y voit; pour le moment même nous nous bornerons aux machines motrices proprement dites suivant l'ordre que nous avons adopté.

Machine du Drac. — M. Claparède a eu l'heureuse idée de vous montrer un appareil moteur complet, celui qui est destiné au transport aviso de la marine de l'État, le Drac. Il comprend les chaudières, le moteur, toute la ligne d'arbres et l'hélice elle-même, le tout disposé comme dans la cale du navire, de sorte qu'on embrasse l'ensemble de l'appareil d'un seul regard. Cet appareil est construit pour développer une force de 650 chevaux indiqués.

Chaudières. — Les chaudières comprenant 2 corps cylindriques à 2 foyers chacun, avec tubes en retour; elles ont leurs soupapes chargées à $4^k,133$ par centimètre carré. Elles sont placées transversalement au navire avec chambre de chauffe commune aux 2 corps: les boîtes à fumée se réunissent et ont une cheminée commune.

Les éléments principaux de ces chaudières sont les suivants :

ÉLÉMENTS.		PARCOURS.	TOTAL.	PAR CHEVAL.
Surface de grille		$3^{m2},95$	$7^{m2},90$	0,0121
Surface de chauffe	directe	»	32 ,30	0,0496
	tubulaire	»	153 ,66	0,236
	totale	»	185 ,96	0,286
Volume d'eau		$10,610^k$	21 ,220	$0^{m3},0326$
Volume de vapeur		5,230	10 ,460	0,016

Diamètre d'un corps	$3^m,25$
Longueur d'un corps	2 ,90
Nombre des tubes ordinaires	114
Diamètre intérieur des tubes ordinaires	$0^m,080$
Diamètre extérieur des tubes ordinaires	0 ,085
Nombre des tubes tirants	28
Diamètre intérieur	$0^m,075$
Diamètre extérieur	0 ,085

Nous examinerons plus tard avec quelque détail la construction même de ces chaudières.

Machine. — La machine proprement dite est à bielles renversées, elle comprend deux cylindres Compound placés horizontalement et conjugués sur des manivelles à 90°.

Les cylindres sont tous deux à chemises de vapeur, le réservoir intermédiaire enveloppant le petit cylindre.

La distribution se fait au moyen de tiroirs placés sur le côté; celui du petit cylindre est placé à l'avant de la machine et celui du grand cylindre à l'arrière. Les tiroirs sont à double orifice et munis de compensateurs qui peuvent être réglés en marche. Ils sont conduits par des coulisses avec arbre de relevage commun aux deux cylindres.

Tous les organes de distribution et de changement de marche sont du reste représentés en détail planche IV.

La bielle de relevage des coulisses est manœuvrée au moyen d'un secteur denté et d'une vis sans fin; cette vis sans fin est actionnée par l'intermédiaire de 2 roues d'angle au moyen d'un volant à manettes. Lorsque les secteurs sont à bout de course, les tiroirs donnent des introductions de 0,7 et 0,74 au petit cylindre et de 0,6 et 0,66 au grand cylindre. La durée de ces introductions est beaucoup trop grande pour la marche normale, et on ne place les coulisses dans cette position que pour la mise en marche. A l'allure normale, on réduit les introductions à un chiffre variant de 0,40 à 0,47 suivant la quantité de vapeur fournie par les chaudières.

Le condenseur est placé au-dessus des glissières des tiges de piston; il est tubulaire avec condensation extérieure aux tubes et circulation intérieure.

L'eau de circulation est refoulée dans les tubes au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par une machine auxiliaire à pilon à un seul cylindre. Le joint

des tubes sur les plaques de tête est obtenu au moyen d'une lame de caoutchouc comprimée entre la plaque tubulaire et des contre-plaques en bronze. La pompe à air unique est placée dans le bâti qui supporte les glissières, et elle est commandée par un bras porté par la tige inférieure du petit piston. Cette pompe est à double effet, à piston plongeur; le plongeur glisse dans une garniture en gaïac fixée sur une cloison médiane, de la caisse de la pompe.

La bâche est formée par la partie du bâti comprise entre les deux glissières; elle se prolonge par un conduit venu de fonte avec la caisse à tubes, jusqu'à la partie supérieure de celle-ci. Ce conduit aboutit à un tuyau de décharge accidentelle débouchant à l'extérieur du navire au-dessus de l'eau. Pour empêcher l'eau de mer de pénétrer dans la bâche dans les mouvements de roulis, on a disposé à la base du tuyau de décharge un clapet de fermeture automoteur.

Les pompes alimentaires sont au nombre de deux, conduites par des boutons excentrés, ménagés à l'extrémité avant de l'arbre à manivelles; l'un des boutons sert en même temps à mener la pompe de cale.

Nous donnons, planche II, les courbes de régulation des 2 tiroirs pour l'introduction maximum, laquelle, comme nous l'avons dit, ne sert que pour la mise en marche. Pour assurer d'une manière absolument complète le départ de l'appareil, le constructeur a disposé sur chacun des cylindres un robinet de distribution amenant directement la vapeur soit d'un côté, soit de l'autre des pistons. Ce robinet qui est représenté en détail planche IV sert aussi à fixer les indicateurs de Watt, quand on veut relever des courbes et mesurer les puissances développées. La boîte du robinet présente 4 orifices à angle droit : l'un d'eux, celui du bas, communique avec la prise de vapeur; le second, à la partie supérieure, aboutit à une tubulure destinée à recevoir les indicateurs en cas de besoin, et fermée d'ordinaire par un bouchon à vis; les deux autres communiquent par des tuyaux avec les conduits de vapeur du cylindre. Le boisseau du robinet est percé d'un orifice à angle droit, au moyen duquel on peut faire correspondre ensemble deux quelconques des orifices voisins de la boîte. La figure montre quelle est la disposition qu'il faut donner au boisseau, soit pour mettre en marche, soit pour relever des courbes.

Nous donnons également planche II un spécimen des diagrammes obtenus sur une machine identique, déjà livrée par la maison Claparède au département de la marine. On voit que les 2 cylindres travaillent à peu près également.

Dans les premières machines de ce type qu'il a construites, M. Claparède avait jugé utile de se réserver le moyen de faire varier les introductions dans les deux cylindres indépendamment l'un de l'autre, ce que ne permettent pas les organes de distribution actuels. A cet effet, il avait muni le changement de marche de la machine avant d'un organe de plus (planche III fig. 1). La manivelle de relevage de la coulisse stephenson A, portait une glissière dans laquelle pouvait se déplacer un coulisseau G, sous l'action d'une vis sans fin; cette vis sans fin était mue au moyen d'un petit volant F et de 2 roues d'angle.

Le coulisseau G, portait une bielle B articulée avec la bielle de relevage C et avec un bras D. On voit qu'en déplaçant le coulisseau G, on change la position de la coulisse et par conséquent la distribution du petit cylindre sans qu'on soit obligé de toucher au volant de mise entrain et par suite au tiroir du cylindre arrière.

Graissage. — Le graissage des organes baignés par la vapeur se fait au moyen d'un graisseur commun à toute la machine.

Il est formé d'un corps de pompe cylindrique dans lequel se meut un piston et d'où partent, à la partie supérieure, les divers tuyaux qui conduisent l'huile aux tiroirs, aux cylindres et en général à tous les organes à lubrifier. La tige du

piston est filetée au dessus du presse-étoupes et traverse un écrou maintenu entre 2 buttoirs et qu'on peut tourner au moyen d'un petit volant à main. Pour envoyer l'huile à l'un ou à l'autre organe ou à tous à la fois il suffit, après avoir ouvert les robinets fixés sur le corps de pompe, de soulever le piston en agissant sur le volant. En marche on donne de temps en temps un petit mouvement au volant. Le graissage se fait donc sûrement, mais il a le défaut de n'être ni automatique ni continu.

Comme il est facile de le voir à l'aspect seul de la machine, on a cherché à diminuer autant que possible l'encombrement; la surveillance des pièces mobiles peut néanmoins se faire sans difficulté.

Ligne d'arbres. — A la suite de l'arbre à manivelles se trouve un arbre suspendu par des joints à la Cardan. La couronne qui porte les tourillons du joint avant est striée et peut être mise en prise avec une vis sans fin qui sert à virer la machine à bras. Après l'arbre suspendu vient l'arbre intermédiaire qui est relié à l'arbre porte hélice par des manchons d'embrayage. Sur le pourtour de l'un de ces manchons est adapté un frein. Sur l'arbre porte-hélice se trouvent d'abord la buttée, puis le presse-étoupes, fixé sur la muraille intérieure du navire; au portage de ce presse-étoupes, l'arbre est entouré d'un manchon en bronze. A partir de ce point l'arbre étant constamment plongé dans l'eau de mer est garanti des oxydations par une chemise en cuivre rouge qui s'étend jusqu'à l'hélice.

L'hélice qui est à 4 ailes déployées est clavetée à demeure sur l'arbre; elle ne peut donc pas se remonter dans un puits suivant une disposition adoptée souvent, principalement dans les marines étrangères, pour faciliter la navigation à la voile seule. Sur le DRAC on affollera l'hélice au moyen de l'embrayeur.

Nous croyons utile de donner avec quelques détails les dimensions principales de la machine qui nous occupe.

Cylindres.

Puissance indiquée prévue	650^{ch}
Nombre de cylindres	2
Diamètre du grand cylindre	$1^{m},50$
Diamètre du petit cylindre	0 ,92
Course des pistons	0 ,60
Nombre de tours prévu	90
Rapport du volume du grand cylindre au volume du petit cylindre	$2^{m},65$
Diamètre du tuyau d'arrivée de vapeur	0 ,220
Diamètre du tuyau d'échappement au condenseur	0 ,360

Pompe à air.

Diamètre de la pompe à air	0 ,320
Course du piston	0 ,600
Volume engendré par seconde	145^{lit}
Section des clapets d'aspiration	$0^{m2},110$
— de refoulement	0 ,092
Surface réfrigérante du condenseur	160 ,000
Rapport à la surface de grilles	20 ,25
Nombre de tubes	980
Longueur comprise entre les plaques de tête	$2^{m},83$
Diamètre intérieur	0 ,0185
— extérieur	0 ,0210

Pompes alimentaires.

Nombre des pompes alimentaires.	2
Diamètre de la pompe alimentaire, n° 1	0^{m},130
Course du piston	0 ,200
Diamètre de la pompe alimentaire, n° 2	0 ,130
Course du piston.	0 ,100
Volume engendré par heure par la 1re pompe	14$^{m^3}$,256
— — 2e —	7 ,128
Total engendré par les deux pompes	21 ,384

Pompe de cale.

Nombre des pompes de cale	1
Diamètre de la pompe.	0^{m},200
Course du piston.	0 ,200
Volume engendré par heure	33$^{m^3}$,912

Pompe de circulation.

Diamètre du cylindre à vapeur.	0^{m},200
Course du piston.	0 ,200
Nombre de tours.	300
Diamètre de la turbine	0^{m},675
Diamètre du tuyau d'aspiration.	0 ,250
— de refoulement.	0 ,225
Volume débité par heure	480$^{m^3}$
— par heure et par cheval	686^{lit}
— par heure et par m^2 de surface de grille.	62$^{m^3}$

Hélice.

Diamètre.	3^{m},60
Pas constant.	3 ,90
Nombre d'ailes déployées.	4
Fraction de pas au moyen.	0 ,410
— à l'extrémité des ailes.	0 ,160

Petit cheval alimentaire.

Diamètre du cylindre à vapeur	0^{m},158
Diamètre du corps de pompe	0 ,088
Course des 2 pistons	0 ,110
Nombre de coups de pistons permanents.	0 ,140
Volume théorique par heure.	11 ,239^{lit}

MM. Claparède et Cie ont déjà fourni à la marine diverses machines semblables et ils en construisent de nouvelles sur le même type; voici, d'après le catalogue des objets exposés par l'usine, le nom des navires qui ont reçu ou qui doivent recevoir ces appareils.

Bisson *Labourdonnais* *Hussard* *Lancier*	Avisos.
Drac *Pourvoyeur* *Saône*	Transports avisos.

Les machines déjà en service ont donné aux essais de très-bons résultats; nous trouvons en effet dans le document que nous citions plus haut, l'extrait suivant du procès-verbal de la Commission chargée de faire les essais de recette de l'appareil de l'aviso le *Bisson*.

« En résumé, l'appareil moteur du *Bisson* ne pèse que 195^k par cheval; il est » bien ramassé et n'occupe pas trop de place; il a atteint une force de 850 che- » vaux sans fatigue, et la consommation est descendue à 0^k,934 par cheval » indiqué et par heure (durée des essais : 8 heures). Les divers organes ont bien » fonctionné; la surveillance est facile et l'aérage satisfaisant.

» La Commission n'a pas hésité à recevoir cet appareil qui fera certainement » un excellent service. »

Ce jugement de la Commission d'expérience a dû être confirmé par la suite en service courant, puisque la marine a commandé au même constructeur de nouvelles machines identiques pour d'autres navires.

Des appareils du même système, mais de 400 chevaux indiqués seulement, ont été construits pour les bâtiments suivants :

Canonnières.	Le Crocodile.	Le Lutin.
	Le Lionne.	Le Lynx.

Nous avons omis de signaler que toutes les pièces mobiles de ces machines sont en acier.

Machines du « Progrès » et du « Dunkerquois. » — Les plans qui se trouvent réunis dans un album à la disposition des visiteurs donnent une idée des travaux aussi nombreux que variés entrepris et menés à bonne fin par la maison Claparède. Nous n'avons pas la prétention de passer en revue tous ces documents. Nous en distrairons seulement les machines des remorqueurs construits pour le port de Dunkerque, le Progrès et le Dunkerquois, machines qui présentent des particularités intéressantes, et qui ont donné en service les meilleurs résultats. Ces remorqueurs, qui sont à roues indépendantes, ont reçu un appareil moteur double système Compound, dont les dispositions générales sont représentées planche V, fig. 5 et 6.

Chacun des arbres est supporté par les paliers de la machine et par un palier extérieur au bâtiment; ils sont indépendants l'un de l'autre et peuvent être réunis au moyen d'un manchon d'embrayage manœuvré à la main. Le plateau a, fixé à demeure sur l'arbre de babord, porte une série de soies parallèles à l'axe et pouvant se loger dans des trous correspondants ménagés dans le manchon de l'arbre tribord. Celui-ci peut glisser sur l'arbre et être soit mis en prise avec le plateau a, soit débrayé au moyen du levier à fourche g et du volant d. Les machines motrices sont au nombre de deux, une par roue. Elles se composent de 2 cylindres dont les axes font un angle de 90° et qui sont conjugués sur la même manivelle.

Le condenseur tubulaire est placé entre les 2 cylindres; la pompe à air d'une part, et la pompe de circulation d'autre part sont disposées parallèlement à chacun des cylindres et sont conduites par un bras fixé aux glissières des tiges de piston.

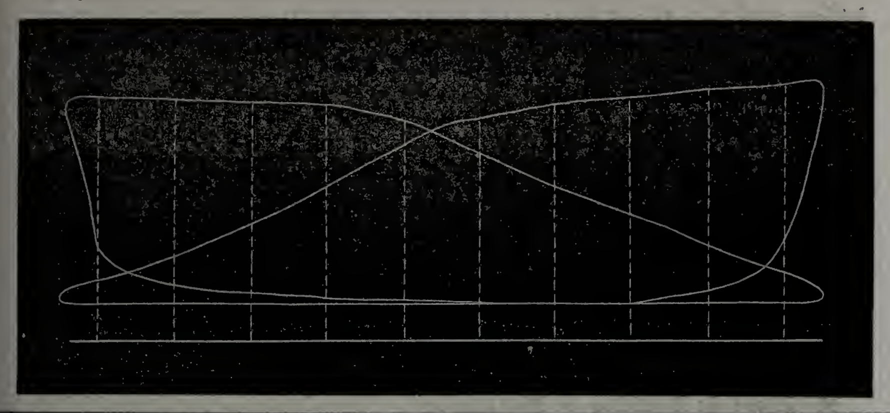
Toute la manœuvre se fait du parquet compris entre les 2 machines et, par suite, elle n'exige qu'un personnel très-restreint.

Les fig. 6 et 7 donnent un spécimen des diagrammes relevés dans des cylindres d'introduction et dans les cylindres d'expansion. On voit que pour la vitesse à laquelle ces diagrammes correspondent, le travail développé par le petit cylindre est un peu plus faible que celui donné par le grand; d'après ce que

nous avons vu plus haut, les deux travaux doivent arriver à l'égalité pour une force un peu moindre, celle qui correspond à l'allure normale.

L'indépendance facultative et rapidement obtenue des 2 roues propulsives présente des avantages considérables pour la manœuvre des navires du port de Dunkerque, dont le chenal est étroit et l'entrée difficile. Grâce à cette disposition qui donne à leurs mouvements une très-grande souplesse, les deux remorqueurs sont d'un emploi très-utile pour le service ordinaire du port.

MM. Claparède nous ont dit que leurs qualités à la mer, la rapidité de manœuvre de leurs appareils moteurs les ont rendus également précieux pour les sauvetages.



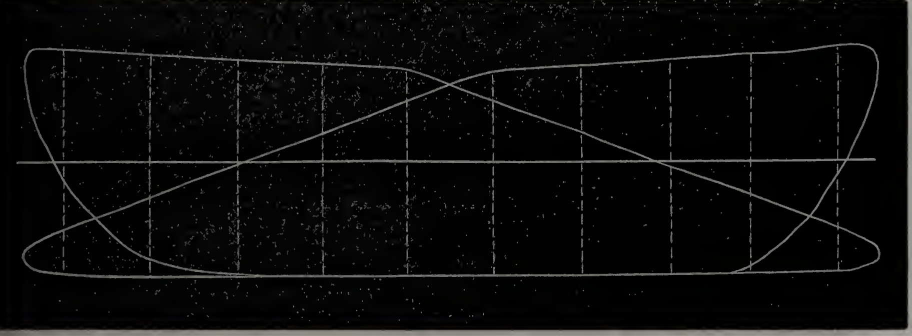


Fig. 6 et 7.

Dimensions principales.

Nombre de machines indépendantes	2
Nombre de cylindres par machine.	2
Diamètre du cylindre à haute pression	$0^m,700$
Diamètre du cylindre à basse pression	1 ,20
Nombre de tours	40
Surface réfrigérante du condenseur	95^{m2}

Chaudières du Progrès.

Nombre de corps.	2
Nombre de foyers par corps	2
Surface de grille totale	$6^{m2},66$
Surface de chauffe totale	180
Pression de régime	4^k

Machine Compound à cylindres indépendants. — M. Claparède a eu l'idée de simplifier la machine précédente en la réduisant à 2 cylindres Compound seulement, et faisant commander l'une des roues par le cylindre à haute pression et l'autre par le cylindre à basse pression. Dans la marche normale, les roues étant conjuguées ensemble, la machine est un appareil ordinaire à 2 cylindres; lorsque au contraire elles sont rendues indépendantes, chacune d'elles est conduite par un cylindre, et le navire évolue comme s'il renfermait 2 machines complètes. La manœuvre de l'appareil est aussi simple que celle des machines précédentes.

Cette disposition de machine Compound, qui peut d'ailleurs s'appliquer aux hélices aussi bien qu'aux roues, a été étudiée par M. Claparède dès l'année 1874 et appliquée en 1875 à un petit remorqueur.

Les planches exposées par M. Claparède ne montrent pas quel est le mode de distribution quand une seule des machines est mise en marche. Mais il est facile d'en imaginer de diverses sortes qui peuvent remplir ce but.

Dimensions principales.

Puissance indiquée	160^{ch}
Diamètre du cylindre à haute pression	$0^m,500$
Diamètre du cylindre à basse pression	0 ,840
Course des 2 pistons	0 ,900
Nombre de tours normal	40
Surface de chauffe	60^{m2}
Timbre de la chaudière	6^k

Machines de Rankine et Blackmoore. — Nous trouvons par exemple dans l'*Engeenering* la description assez détaillée d'une machine semblable, qui paraît être d'une date postérieure à celle de MM. Claparède et Cie; elle est due à M. Rankine de la maison Rankine et Blackmoore, de Grenock.

Bien que cet appareil ne figure pas à l'Exposition, sa description rentre dans le cadre que nous nous sommes tracé et le lecteur nous saura gré de lui en dire quelques mots. La machine a été placée sur un remorqueur, genre de navire auquel elle convient parfaitement, et elle a été construite comme celle de M. Claparède, dans le but de supprimer deux des cylindres et par conséquent de diminuer le prix de revient de l'appareil.

Cette machine est à cylindres inclinés et à action directe. La fig. 6, pl. III, donne en projection horizontale les diverses soupapes ou tiroirs de distribution. Lorsque les arbres des roues sont reliés ensemble par un embrayage convenable, l'appareil constitue une machine ordinaire dont les 2 cylindres ont leurs manivelles à angle droit. La vapeur arrive de la chaudière par le tuyau A et se rend dans la boîte à tiroir C du petit cylindre après avoir traversé la boîte B qui renferme la valve; elle évacue dans la capacité intermédiaire G et de là se rend au tiroir du grand cylindre I, puis elle évacue au condenseur par le tuyau O.

Lorsque les machines se sont plus accouplées, les 2 pistons ne donnent pas en général coup pour coup, attendu que les 2 roues peuvent tourner à des nombres de tours différents, et que l'une d'elles peut même être stoppée. Pour ces divers cas, on a ajouté trois valves : la première E est une valve avec réducteur de pression qui communique d'un côté avec le tuyau de prise de vapeur et de l'autre par le tuyau F avec la capacité intermédiaire G.

Les deux autres sont placées sur la capacité G elle-même; la valve K est chargée à la pression de 1 atmosphère en sus de la pression atmosphérique et communique librement avec l'atmosphère par le tuyau L; la valve M est chargée à $1^{at},{}^1/_4$ et communique avec le tuyau d'évacuation au condenseur O.

Lorsque les 2 machines ne sont pas reliées par l'embrayage, on ouvre à la main la soupape E qui envoie directement de la chaudière dans la capacité G autant de vapeur à basse pression qu'en exige le grand cylindre, et on n'a plus à s'inquiéter que de la mise en train.

Si le cylindre à haute pression travaille seul, la vapeur s'échappe par la soupape K directement dans l'atmosphère; si la pression est supérieure à $1^{at}, {}^1/_4$, elle évacue en partie dans le condenseur par le tuyau N.

Si c'est au contraire le cylindre à basse pression qui travaille seul, il reçoit directement la vapeur de la chaudière et il évacue dans le condenseur à la manière habituelle; les pompes étant actionnées par cette machine.

Si les 2 cylindres travaillent tous deux mais inégalement, le grand cylindre utilise la vapeur évacuée du petit cylindre, et en cas de besoin il en reçoit par le tuyau F une quantité additionnelle.

Dans ces conditions la machine n'a pas les qualités économiques inhérentes aux machines Compound, mais les circonstances où les 2 machines ne sont pas conjuguées ne se produisent qu'exceptionnellement. On voit qu'on pourrait supprimer la valve M qui n'est pas essentielle, et qui présente des inconvénients sérieux; dans le fonctionnement normal de la machine, cette valve peut occasionner, par un défaut d'étanchéité, des pertes de vapeur notables, en établissant une communication directe entre la capacité intermédiaire et le condenseur, sans qu'on ait le moyen de les constater.

MM. Rankine et Blackmoore ont appliqué le même système aux machines à hélice, comme l'avait indiqué M. Claparède; et ils ont placé une machine semblable qu'ils nomment *disconnecting Compound engines*, sur un petit remorqueur « l'Otter. » Voici une description succincte de cet appareil, dont les fig. 1, 2, 3 et 4 de la planche V donnent la forme générale. Les 2 hélices sont absolument indépendantes et leurs arbres n'ont qu'une manivelle, correspondant l'une au cylindre à haute pression et l'autre au cylindre à basse pression. La pompe de circulation, la pompe à air, les pompes alimentaires ou de cale sont conduites par l'arbre du cylindre à basse pression. Le condenseur tubulaire est logé dans l'espace compris entre les 2 cylindres.

Lorsqu'on veut faire travailler également et dans le même sens les 2 hélices, les 2 machines sont conjuguées et ce résultat est obtenu uniquement par les communications de vapeur, les 2 arbres restant absolument indépendants l'un de l'autre. Dans ce cas le petit cylindre évacue dans la machine à basse pression qui à son tour évacue dans le condenseur à la manière ordinaire.

Chacun des cylindres est muni d'un organe de détente variable, et les introductions sont réglées de manière à égaliser exactement les puissances développées par chacun d'eux.

Mais quand le petit cylindre travaille seul, il évacue directement dans l'atmosphère par une soupape chargée à 1 kil. par cent.²; il constitue donc une machine à haute pression sans pompe d'aucune sorte.

Lorsque la machine à basse pression travaille seule, elle reçoit la vapeur de la chaudière par une valve avec réducteur de pression et elle l'envoie ensuite dans le condenseur.

Les machines de l'Otter sont munies chacune d'un contre-poids pour les empêcher de s'arrêter au point mort. Mais les constructeurs ne jugent pas cette addition indispensable, si le mécanicien a soin de stopper la machine avec les leviers de changement de marche et non avec la valve.

Compagnie transatlantique.

La Compagnie transalantique donne, dans deux tableaux qu'elle expose, quelques renseignements sur les machines motrices de ses paquebots. Ces renseignements sont malheureusement très-sommaires, mais le service très-actif que font les navires, le fonctionnement sûr et régulier des appareils moteurs, leur donnent un grand intérêt et nous les reproduisons ci-après.

Machines des paquebots type France, construites par Maudslay. — Ces machines sont à cylindres superposés, le petit cylindre porté sur le grand par une sorte de bâtis à quatre pieds, et écarté de celui-ci d'une quantité suffisante pour la visite des pièces.

Les tiroirs de distribution fixe des deux cylindres sont conduits par une tige unique actionnée par une coulisse, dont les excentriques sont adaptés à l'arbre moteur lui-même.

Le petit cylindre seul a un appareil de détente variable.

La machine est alimentée par 6 corps de chaudières à 4 foyers opposés deux à deux. Ces chaudières sont disposées transversalement dans la cale par groupes de trois, avec trois chambres de chauffe.

Dimensions principales.

Nombre de cylindres (2 grands et 2 petits)		4
Diamètre des grands cylindres		$1^m,95$
Diamètre des petits cylindres		1 ,04
Course des pistons		1 ,295
Surface du condenseur		545^{m2}
Rapport à la surface de grille		$13^m,6$
Nombre de foyers		24
Surface de grille		40^{m2}
— de chauffe		980
Charge des soupapes		$4^k,223$
Hélice	Diamètre	$5^m,80$
	Pas moyen	8 ,70
Poids total avec eau des chaudières, outillage et rechange		690^t
Poids par cheval de 75^k		205^k

Résultat des essais.

Nombre de tours	64
Puissance indiquée	3370
Vitesse (celle du paquebot la *France*)	$14^m,50$

Fonctionnement de la machine en service.

Nombre de tours	58
Puissance indiquée	2600
Vitesse	12^k

Dans un voyages aller et retour du Havre à New-York, la machine consomme 1,550 tonneaux de charbon, soit en moyenne par cheval et par heure de 1 kilog., à $1^k,10$.

Les paquebots Ville du Havre, Ville de Brest et Ville de Bordeaux, ont deux hélices actionnées chacune par une machine Compound à pilon, à deux cylindres juxtaposés.

Les deux machines alimentées par un jeu de 6 chaudières à 3 foyers ont les éléments suivants :

Grand cylindre	$1^{m},80$
Petit cylindre	1 ,08
Course	0 ,90
Surface du condenseur	570^{m2}
Surface de grille	30^{m2}
— de chauffe	700^{m2}
Charge des soupapes	$4^{k},13$
Hélices. { Diamètres	$3^{m},90$
Hélices. { Pas	7 ,00
Poids de l'appareil avec eau des chaudières et rechanges	560^{k}
Poids par cheval de 75^{k}	201^{k}

Résultats des essais.

Nombre de tours	82
Puissance indiquée	2780
Vitesse	15,2

Marche en service.

Nombre de tours	66
Puissance indiquée	1500
Vitesse	11^{k}
Dépense de charbon par cheval et par homme	1^{k} à $1^{k},10$

Marine nationale.

L'usine d'Indret, qui est l'atelier de construction des machines de la marine de l'État a une exposition des plus instructives ; elle comprend l'appareil moteur du TONNANT avec un des corps de chaudières destiné au même bâtiment, trois modèles de machines de types différents en cours de construction, avec les plans d'exécution.

Machine du Tonnant. — La machine du TONNANT de 1700 chevaux indiqués est un appareil à 3 cylindres à bielles renversées.

Cylindres. — La vapeur, à la pression effective de 4 kilog., par centimètre carré pénètre d'abord dans le cylindre central, et se rend ensuite dans deux cylindres extrêmes, d'où elle évacue dans deux condenseurs placés en regard de ceux-ci de l'autre côté de l'arbre moteur.

On a donné au cylindre central ou d'introduction le même diamètre qu'aux cylindres de détente, afin de pouvoir fixer sur le piston les tiges qui sont reliées par la traverse de l'autre côté de l'arbre moteur. Pour diminuer son volume dans une proportion qui donne une répartition aussi satisfaisante que possible de la force entre les 3 cylindres, on a réduit la course du piston.

Cette solution se recommande par sa simplicité ; elle permet de diminuer la longueur des conduits de vapeur et par conséquent le volume des espaces morts, si on a soin de ne laisser qu'un jeu très-faible entre le piston et les fonds de cylindre aux deux extrémités de course. Les 3 cylindres sont à double enveloppe avec chemises de vapeur.

Distribution. — Les 3 tiroirs sont placés au-dessus des cylindres et sont conduits par un arbre auxiliaire recevant son mouvement de l'arbre moteur par

l'intermédiaire de deux engrenages. Il n'existe de tiroirs de détente sur aucun des 3 cylindres; les variations de puissance s'obtiennent uniquement par le degré d'ouverture de la valve. Nous avons vu que dans ces conditions le travail du petit cylindre est relativement plus considérable à mesure que la puissance totale diminue.

Condenseurs. — Les deux condenseurs sont tubulaires et reçoivent l'eau de circulation de deux pompes centrifuges mues par un moteur spécial; cette eau qui circule à l'intérieur des tubes, fait trois parcours simples avant de retourner à la mer. Les tubes traversent les deux plaques de tête dans des presse-étoupes.

A chaque condenseur correspond une pompe à air à double effet présentant les mêmes dispositions générales que celle de la machine du Drac, et une bâche avec tuyau de décharge accidentelle.

Les deux pompes à air sont conduites par des tiges spéciales fixées aux pistons extrêmes.

Les pompes alimentaires sont placées horizontalement le long des glissières, et reçoivent leur mouvement de bras portés par les tiges des pistons moteurs des cylindres extrêmes. Elles sont à simple effet et à piston plongeur.

Les pompes de cale, disposées de la même manière, sont actionnées par le piston du cylindre central.

La position assignée aux deux condenseurs à l'avant et à l'arrière de la machine, laisse à découvert tout le mécanisme proprement dit, ainsi que les pompes alimentaires et les pompes de cale.

La conduite et la surveillance de l'appareil y gagnent en facilité, les mécaniciens embrassent d'un coup d'œil la machine tout entière, et ont sous la main tous les organes principaux.

Cette disposition avantageuse n'est pas toujours applicable, car elle conduit à augmenter un peu la longueur totale de l'emplacement occupé par la machine. Nous verrons qu'on a dû y renoncer pour d'autres appareils construits par la même usine.

Carlingue de pose. — Les 3 cylindres reposent sur 4 carlingues transversales qui portent également les paliers de l'arbre moteur. Lorsque la machine est échauffée, les 3 cylindres, qui liés l'un à l'autre se dilatent ensemble, et les deux cylindres extrêmes ainsi que leurs tiges de piston et leurs bielles, s'écartent de l'axe du cylindre milieu. Aux allures rapides que doit prendre la machine ce déplacement serait de nature à occasionner des échauffements, s'il n'était pris quelques précautions pour les éviter.

A cet effet, on a laissé du jeu entre les patins de glissières des tiges des pistons avant et arrière et les glissières correspondantes, ainsi qu'entre les joues des coussinets de tête de bielle et les faces des manivelles de l'arbre moteur. Ce jeu existe sur l'avant des organes pour le cylindre avant et sur l'arrière pour le cylindre arrière.

Dans la machine du *Tonnant* on a fait plus, on a cherché à régler le déplacement des carlingues produit par la dilatation, au moins dans la partie qui porte les cylindres et l'arbre moteur. A cet effet on les a réunies par de fortes entretoises creuses qui peuvent être chauffées par la vapeur, et qui par leur dilatation écartent les carlingues extrêmes des carlingues centrales, à peu près parallèlement à elles-mêmes. Il en résulte une certaine diminution de l'obliquité des paliers de l'arbre moteur, ainsi que des bielles des cylindres extrêmes; diminution qui a pour effet de rendre les mouvements plus doux et qui diminue ainsi les chances d'avaries.

C'est dans un but analogue que M. Normand du Havre a donné au corps de

certaines bielles motrices, dont il expose les dessins, une forme spéciale aplatie, représentée pl. II, fig. 4 et 5. Il pense que les deux têtes, pouvant prendre de petites inclinaisons l'une par rapport à l'autre, s'adapteront mieux sur les soies des manivelles ou sur les tourillons des pieds de bielles, porteront sur une surface plus étendue et auront ainsi un fonctionnement plus assuré. L'expérience seule peut montrer l'efficacité de ces divers moyens. Mais nous avons tenu à les signaler pour indiquer quelle est aujourd'hui la préoccupation des constructeurs de machines. Tous les petits défauts de montage qui naguère étaient considérés comme négligeables sont aujourd'hui corrigés avec le plus grand soin, et les incorrections mêmes qui se manifestent après coup par le simple échauffement de la machine, sont, comme on le voit, l'objet de l'attention des constructeurs.

Mise en train. — L'appareil de changement de marche est une variante de l'appareil à train épicycloïdal bien connu, et employé d'habitude dans les machines dont les tiroirs sont conduits par un arbre auxiliaire. Le pignon de la roue satellite et le secteur denté de la roue folle ont été remplacés par une vis sans fin engrenant avec un secteur strié.

Ce détail n'est pas la particularité la plus intéressante de l'appareil de mise en train.

Le changement de marche est à vapeur et mu par une machine ordinaire et non par un servo-moteur.

Les deux cylindres à vapeur placés à angle droit et conjugués sur la même manivelle, sont oscillants avec distribution par les tourillons, l'admission et l'évacuation de la vapeur se faisant à pleine course ; il résulte de cette disposition qu'on peut faire marcher la machine dans un sens ou dans l'autre, par le simple déplacement d'un tiroir de distribution, auquel aboutissent les deux conduits qui servent à l'admission et à l'échappement.

L'arbre moteur transmet son mouvement par l'intermédiaire d'engrenages, à deux galets verticaux de forme tronconique placés de chaque côté du volant de manœuvre, et tournant en sens inverse. Ces deux galets, en glissant sur leurs arbres, peuvent être mis en prise avec la jante du volant de manœuvre qui présente une section trapézoïdale.

On sait que pour changer la marche de la grande machine supposée au repos, il faut faire mouvoir le volant de manœuvre dans le sens convenable. Cette opération se fait simplement au moyen de deux leviers. Avec le premier, on dispose le tiroir de distribution de la machine auxiliaire de manière à faire tourner les galets dans le sens voulu; puis avec un autre levier on met les galets en prise avec la jante et en même temps on ouvre la valve d'arrêt. La machine auxiliaire se met en marche, les galets entraînent le volant par simple friction, et lorsque celui-ci est arrivé à bout de course, les galets glissent simplement sur la jante. A ce moment on laisse retomber les deux galets et on ferme la valve d'arrêt. On met ensuite le tiroir de distribution de la machine auxiliaire à la position du stop. D'après les renseignements qui nous ont été donnés, cet appareil de mise en train fonctionne très-bien. On voit que c'est l'adoption d'une transmission de mouvement par frottement qui a permis d'employer une machine dépourvue d'organes d'asservisement.

Graissage. — Nous avons dit quelques mots de la nécessité qui s'impose dans les machines à condenseurs tubulaires de réduire au strict minimum l'importance du graissage des organes baignés par la vapeur, et par suite de doser la quantité d'huile envoyée d'après le nombre de révolutions de la machine.

Dans la machine du *Tonnant*, ce graissage s'opère au moyen d'une petite pompe dont la disposition très ingénieuse, représentée dans la fig. 8 est due à M. Joëssel, sous-directeur de l'établissement d'Indret.

L'huile arrive du réservoir par un tuyau E et son débit est réglé par une soupape à vis; elle tombe dans un vase L qui communique librement par un certain nombre d'orifices avec le corps de pompe B. Le piston de cette pompe s'élève dans son mouvement au-dessus de ces orifices, de sorte que l'huile arrive naturellement dans la pompe à chaque coup de piston sans avoir à traverser une soupape d'aspiration. Dans son mouvement de descente, le piston emprisonne dans le corps de pompe une certaine quantité d'huile, et l'envoie dans le tuyau de vapeur de la grande machine en soulevant le clapet de refoulement F.

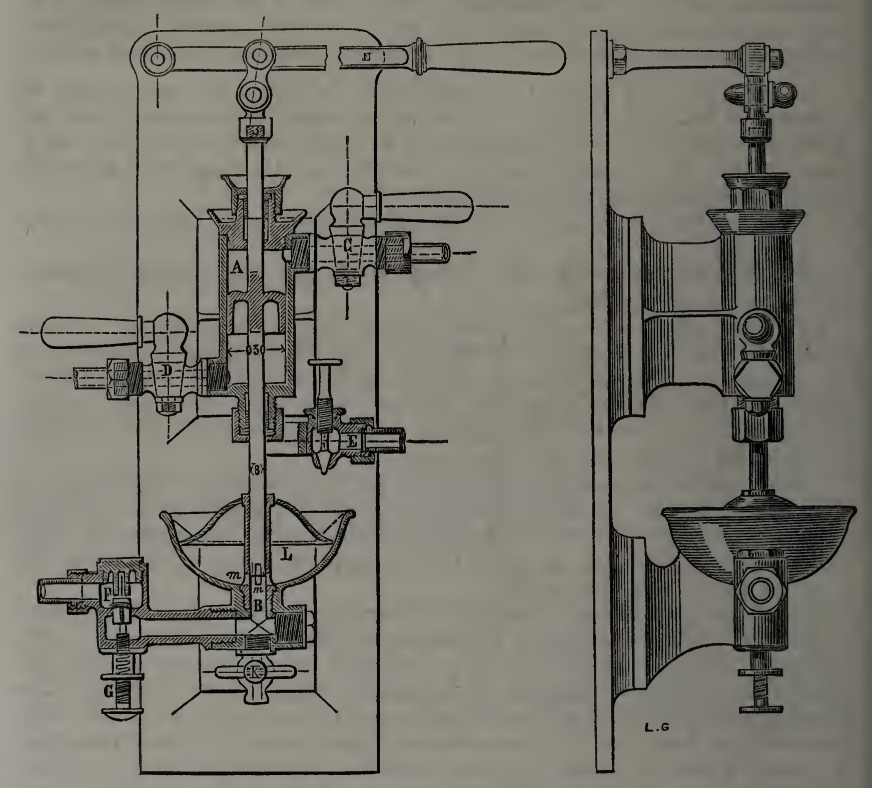


Fig. 8. -- Pompe à huile du Tonnant.

La suppression du clapet d'aspiration assure le fonctionnement de la pompe, qu'on peut du reste nettoyer et purger par une chasse de vapeur en soulevant au moyen de la vis G le clapet de refoulement Reste à actionner la pompe.

Dans certains appareils, on peut se borner à prendre le mouvement du piston sur l'une des pièces mobiles de la machine; mais le plus généralement on ne pourrait adopter cette disposition qu'à la condition de placer le graisseur dans une position gênante, et l'usine d'Indret a préféré adapter à la pompe un petit moteur spécial qui permet de la placer en un endroit absolument quelconque de la machine.

La tige de la pompe porte dans son prolongement un petit piston à vapeur se mouvant dans un cylindre A. Ce cylindre est mis en communication, à la partie supérieure, avec l'un des orifices de l'un quelconque des cylindres, et à la partie inférieure avec l'autre orifice du même cylindre; les mêmes variations de

pression qui existent de chaque côté du piston de ce cylindre, et qui déterminent son mouvement, se reproduisent donc de chaque côté du petit piston de la pompe qui marche exactement à la même allure que la grande machine.

Ajoutons qu'au moyen d'un levier N on peut, en cas de besoin, faire fonctionner le graisseur à la main.

Le graissage des articulations et des glissières s'opère au moyen d'une conduite d'huile générale, entièrement étamée. Aux différents points de ce tuyau qui correspondent aux organes à lubrifier, se trouvent les prises d'huile dont le débit est réglé au moyen d'obturateurs à vis. Le tuyautage d'arrosage se développe parallèlement au tuyautage d'huile, il s'en distingue en ce qu'il n'est pas étamé.

Appareils à eau de chaux. — Dans la machine du *Tonnant* l'eau de chaux, destinée à neutraliser les acides gras provenant des huiles de graissage, est envoyée dans les condenseurs; elle est préparée dans deux caisses spéciales (une par condenseur) qui présentent les dispositions indiquées dans la fig. 9.

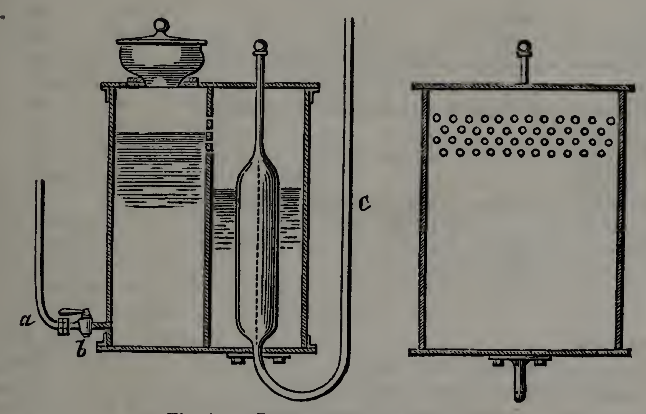


Fig. 9. — Pompe à huile du Tonnant.

La caisse, en cuivre étamé, est séparée en deux compartiments par une cloison médiane percée de trous de 12 mill. à la partie supérieure. Le premier compartiment reçoit la chaux éteinte qu'on introduit simplement par un entonnoir; il communique par un tuyau muni d'un robinet, avec le tuyau de refoulement des pompes alimentaires.

Le second compartiment communique avec le condenseur par un tuyau qui part du fond de la caisse et qui est fermé par une soupape à flotteur.

Lorsqu'on veut introduire de l'eau de chaux, il suffit d'ouvrir le robinet *b* d'arrivée d'eau; l'eau de chaux se prépare d'elle-même dans le premier compartiment et se déverse dans le second. Lorsqu'elle est arrivée dans ce dernier à une hauteur suffisante, elle soulève le flotteur; ce dernier ouvre l'orifice du tuyau de communication *c* avec le condenseur où l'eau se précipite par la seule action du vide. Les mécaniciens ont donc seulement à mettre dans l'appareil la quantité de chaux qu'exige l'allure de la machine, et à maintenir le robinet *b* ouvert jusqu'à ce que toute la chaux ait été absorbée.

Nous donnons ci-après les dimensions principales de la machine du *Tonnant*.

MACHINE PROPREMENT DITE.

Cylindres.

	Cylindre d'introduction.	Cylindre de détente.
Nombre de cylindres	1	2
Diamètre des cylindres	1m,360	1m,360
Course des pistons	0 ,500	0 ,700
Volume engendré par les pistons	0m²,726	1m³,017
Rapport du volume des 2 cylindres de détente au volume du cylindre d'introduction	2,85	
Nombre de tours par minute	95	
Vitesse des pistons par seconde	1m,585	2m,316
Durée de l'introduction en fraction de course	0 ,71	0 ,65
Puissance indiquée prévue	708 ch.	510 ch.
Puissance indiquée prévue, totale	1728 ch.	
Pression en kilogrammes par c/m²	1k,13	
Détente nominale	3 ,95	

Tiroirs.

Course des tiroirs	0m,310	0m,148
Section des orifices	0m²,043	0m²,57
Diamètre du tuyau d'arrivée de vapeur	0m,330	
Section du tuyau d'arrivée de vapeur	0m²,0855	
Diamètre des 2 tuyaux d'évacuation du cylindre central	0m,330	
Section des 2 tuyaux d'évacuatien du cylindre central	0m²,0855	
Diamètre des tuyaux d'évacuation des cylindres extrêmes aux condenseurs	0m,390	
Section des tuyaux d'évacuation des cylindres extrêmes aux condenseurs	0m²,118	

Condenseurs.

Nombre	2
Diamètre intérieur d'un tube	0m,018
Diamètre extérieur d'un tube	0 ,020
Longueur d'un tube, mesurée intérieurement aux plaques	1 ,10
Nombre de tubes par condenseur	2346
Surface de condensation par condenseur	163m²,61
Surface de condensation totale	327 ,24
Surface de condensation par cheval de 75k/m	0 ,189
Surface de condensation par mètre carré de grille	31 ,6

Pompes à air.

Nombre	2
Diamètre de ces pompes	0m,410
Course des pistons	0 ,700
Volume d'une pompe	0m³,092
Rapport du volume des 2 pompes au volume des 2 cylindres de détente	0 ,09

Pompes alimentaires.

Nombre	2
Diamètre du piston	0m,120
Course du piston	0 ,900
Volume d'une pompe	0m³,0079
Volume engendré par minute par les 2 pompes	1 ,50
Volume engendré par heure par les 2 pompes	90 ,1
Volume engendré par heure et par cheval de 75k/m	0 ,052

Pompes de cale.

Nombre	2
Diamètre des pistons	$0^m,120$
Course des pistons	0 ,500
Volume engendré par une pompe	$0^{m^3},00565$
Volume engendré par heure par les 2 pompes	64 ,410

Machine auxiliaire de circulation. — Comme nous l'avons dit plus haut l'eau de circulation est fournie aux 2 condenseurs par 2 turbines ou pompes centrifuges actionnées par un moteur auxiliaire. Ce petit moteur comprend 2 cylindres Compound à pilon et se trouve placé entre les 2 turbines; il reçoit sa vapeur des grandes chaudières et évacue dans l'un des condenseurs de la machine.

Les 2 turbines sont en bronze avec enveloppe en fonte de fer.

Voici les dimensions principales de cet appareil :

	Cylindre à haute pression.	Cylindre à basse pression.
Diamètre des cylindres	$0^m,240$	$0^m,360$
Course des pistons	0 ,240	0 ,240
Nombre de tours par minute	180	180
Vitesse moyenne des pistons par seconde	$1^m,44$	$1^m,44$
Introduction des fractions de course des pistons.	0 ,75	0 .66
Puissance prévue pour chaque cylindre	18ch.53	29ch.45
Puissance indiquée totale	47ch.78	
Diamètre du tuyau d'arrivée de vapeur	$0^m,07$	
Section du tuyau d'arrivée de vapeur	0 ,00385	
Section du passage du petit cylindre au grand.	0 ,003848	
Section du tuyau d'évacuation au condenseur	0 ,00636	
Course des tiroirs	$0^m,06$	$0^m,075$
Longueur des orifices	0 ,160	0 ,210
Hauteur des orifices	0 ,020	0 ,026
Nombre de pompes	2	
Diamètre des pales	$1^m,05$	
Nombre de pales	6	
Largeur des pales au diamètre extérieur	$0^m,022$	
Diamètre du tuyau de refoulement	0 ,320	

Chaudières. — L'appareil évaporatoire comprend 4 corps cylindriques semblables à celui qui est exposé.

Nous aurons plus tard à examiner ce dernier au point spécial de la construction des chaudières marines. Nous nons bornerons ici à donner les éléments principaux de l'appareil évaporatoire du *Tonnant* afin de ne pas séparer les diverses données relatives au moteur de ce navire.

Nombre de corps	4
Longueur d'un corps	$2^m,90$
Diamètre	3 ,60
Nombre de foyers cylindriques par corps	2
Diamètre intérieur d'un foyer	$1^m,110$
Longueur des grilles	2 ,175
Nombre de tubes ordinaires par corps	146
Longueur des tubes	$2^m,18$
Diamètre intérieur	0 ,008
Diamètre extérieur	0 ,085
Nombre de tubes tirants en laiton	32
Diamètre intérieur	0 ,073
Diamètre extérieur	0 ,085
Surface de grille par corps	$4^{m^2},83$

Surface de grille totale pour les 4 corps	10^{m2},32
Surface de chauffe totale par corps	113 ,48
Surface de chauffe totale pour les 4 corps	453 ,92
Volume d'eau	12^{m3},010
Volume de vapeur	7 ,82
Poids approximatif total d'un corps sans eau avec accessoires.	23000^{k}.
Charge des soupapes calculée par le grand diamètre	4^{k}.132.

Modèles de machines. — L'usine d'Indret expose en outre trois modèles de machines marines des types les plus récents, celles du *Duguay-Trouin*, du *Villars* et de la *Dévastation*.

Ces modèles, construits simplement en bois, donnent une idée nette et complète des appareils; la foule des visiteurs peut les trouver trop simples parce qu'elle n'y voit pas de ces détails minutieux dont l'exécution délicate est faite pour provoquer l'étonnement; mais l'ingénieur, auquel ils s'adressent, s'y arrête longuement et il y trouve des sujets d'étude d'autant plus intéressants que l'usine a eu l'excellente précaution, trop rare chez la majorité des exposants, d'accompagner ces modèles des plans d'exécution même des machines.

Quand nous disons que la foule des visiteurs doit passer auprès avec indifférence, nous entendons parler de ceux qui n'ont aucune notion de l'art de la mécanique; car, sans entrer dans le détail des particularités de chacune des machines, la seule comparaison des trois types, qu'un simple regard d'ensemble permet de faire, est déjà instructive. Elle montre jusqu'à quel point le constructeur de machines marines est obligé de se plier aux exigences de l'installation des appareils à bord des navires. Dans la première partie de ce travail, nous avons déjà dit quelques mots de cette difficulté qui se présente dans l'exécution des machines marines, et nous ignorions que l'Exposition fournirait une preuve frappante de la justesse de nos observations. Tantôt, comme sur le *Duguay-Trouin*, le constructeur dispose d'une cale étendue et d'une faible hauteur, et il est conduit à étaler les organes de sa machine pour la surbaisser; tantôt, il doit la placer dans un espace étroit, mais élevé, et il combine les organes comme dans la machine de la *Dévastation;* tantôt, comme dans le *Villars*, il lui est réservé une cale relativement plus élevée que celle du *Duguay-Trouin*, et il adopte un appareil moins surbaissé. Ainsi les conditions sont bien différentes pour le constructeur d'appareils marins et pour le constructeur de machines d'atelier. Celui-ci exécute ses appareils d'après un certain nombre de types dont il ne s'écarte guère, sans trop se préoccuper de leur encombrement; il trouve toujours dans les ateliers la place nécessaire pour les loger. Le premier, au contraire, doit ménager le plus possible l'espace, qui à bord d'un navire a une valeur si considérable, et il est obligé d'imaginer et de réaliser des machines compactes et ramassées; de plus, dans les navires de guerre, qui reçoivent, relativement à leurs dimensions, des appareils moteurs très-puissants, il doit encore tenir compte de la forme même de l'espace qui lui est réservé et qui dépend des façons du navire.

Ces remarques deviennent plus frappantes encore si, après avoir examiné les modèles de l'usine d'Indret, on jette un coup d'œil sur les planches des atlas qui donnent l'installation des machines à bord de chacun des bâtiments.

Machine du Duguay-Trouin. — La première des trois machines par ordre de date est celle du *Duguay-Trouin*.

Cette machine, de la puissance de 3700 chevaux indiqués, comporte 6 cylindres: 3 cylindres d'introduction directe et 3 de détente. Les 3 cylindres de détente, juxtaposés, ont leurs manivelles conjuguées à 120° et sont à bielles renversées. Les 3 cylindres d'introduction sont placés dans le prolongement des premiers,

dont ils sont séparés par l'intervalle nécessaire pour la visite des pistons et l'entretien des presse-étoupes; la tige unique de chacun des petits pistons est fixée sur le grand piston correspondant.

Il résulte de cette disposition que, sous le rapport des cylindres moteurs, l'appareil du *Duguay-Trouin* est formé de trois machines du système Woolf avec cylindres dans le prolongement. L'étude des diagrammes théoriques de ce genre de moteurs nous a montré que, sans sortir des conditions de rendement maximum, il suffisait, pour faire varier la puissance développée, de modifier l'introduction dans les petits cylindres sans rien changer à celle des grands cylindres; mais nous avons vu également, par un exemple pris sur une machine existante, que des tiroirs de détente mal disposés, c'est-à-dire laissant entre eux et les tiroirs de distribution des espaces morts relativement très-grands, sont une cause de perte notable. C'est ce que l'usine d'Indret a parfaitement compris; elle a muni les petits cylindres de détentes variables, et ces détentes sont du système Meyer; à notre connaissance c'est la première fois qu'il est fait une application de ces appareils de détente aux machines marines. Voici quelle est la disposition des tiroirs :

Les tiroirs des grands cylindres reçoivent leur mouvement d'un arbre auxiliaire parallèle à l'arbre moteur; ces tiroirs sont doubles, placés côte à côte dans la même boîte, avec tige et bielle spéciales pour chacun d'eux.

Les tiroirs de distribution fixe des petits cylindres sont placés plus bas que ceux des grands cylindres, et ils sont conduits par une tige fixée à la partie inférieure des deux tiroirs de chacun des grands cylindres; grâce à cet artifice, on a pu placer les tiroirs de détente des petits cylindres à la même hauteur que les tiroirs des grands cylindres, et par suite prendre directement sur l'arbre auxiliaire le mouvement de leurs tiges, sans avoir recours à des renvois de mouvement. Ces tiges traversent de part en part les boîtes à tiroirs des grands cylindres, et se trouvent logées dans l'espace libre compris entre les deux tiroirs.

Bien que l'appareil du *Duguay-Trouin* soit composé de trois machines, il n'a que deux condenseurs, entre lesquels se partage la vapeur d'émission du grand cylindre milieu. Ces condenseurs sont reportés aux extrémités avant et arrière de la machine comme dans l'appareil du *Tonnant*. Chaque condenseur est pourvu d'une pompe à air à double effet et d'une pompe de circulation à force centrifuge. Enfin il y a deux pompes alimentaires et deux pompes de cale, conduites par les tiges des pistons moteurs. Voici les éléments principaux de la machine :

	Puissance indiquée	3,700^{ch}	
		de détente.	d'introduction.
	Nombre de cylindres	3	3
	Diamètre des cylindres	1^{m},74	1^{m},25
	Course des pistons.	0 ,85	0 ,85
	Volume des cylindres . . . . :	2^{mc},022	1^{mc},043
	Durée de l'introduction dans les cylindres . . .	0,70	0,70
	Nombre de tours.	90	
	Pression de régime de la vapeur.	2^{k},25	
	Détente nominale	2,77	
Condenseurs.	Nombre de condenseurs.	2	
Condenseurs.	Nombre des tubes par condenseur	3 640	
Condenseurs.	Longueur des tubes	1^{m},73	
Condenseurs.	Diamètre extérieur.	0,020	
Condenseurs.	Surface de condensation par condenseur.	349^{mq},92	
Condenseurs.	Surface de condensation totale.	699 ,84	
Condenseurs.	Surface de condensation par cheval.	0 ,1854	

Pompes à air à double effet.	Nombre	2
	Diamètre	0m,520
	Course	0 ,850
	Volume engendré	0mc,1805
	Rapport au volume des grands cylindres	0,06
Pompes alimentaires à double effet.	Nombre	2
	Diamètre	0m,645
	Course des pistons	0 ,85
	Volume engendré par pompe	0mc,014
	Volume engendré par minute et par pompe	1 ,2632
	Volume engendré par heure pour les deux pompes	151,58

Chaudières. — La machine du *Duguay-Trouin* est alimentée par 8 chaudières comportant en tout 34 foyers, et ayant leurs soupapes chargées sur le grand diamètre à la pression de 2k,25 par centimètre carré.

Nombre de foyers	34
Surface de grille totale	46m²,104
— de chauffe totale	1120 ,7
— de grille par cheval	0 ,0125
Volume d'eau	95mc,38
— de vapeur	69 ,51

Machine de la Dévastation. — L'appareil moteur de la *Dévastation* comprend deux machines semblables au modèle exposé et actionnant chacune une hélice.

Ces machines sont à pilon, à 3 cylindres, avec introduction dans le cylindre milieu et détente dans les 2 cylindres avant et arrière.

La disposition des organes, entièrement nouvelle, mérite que nous nous y arrêtions un instant. On sait que dans les types ordinaires des machines à pilon, chaque cylindre est supporté d'un bord par bâtis en fonte qui est le plus souvent disposé de manière à former la caisse du condenseur, et de l'autre, soit par un bâtis, soit par des colonnes en fer ou en acier. La glissière de la tige est appliquée contre la face du bâtis en fonte. Enfin les cylindres sont boulonnés entre eux.

La machine de la *Dévastation* est conçue différemment ; les deux condenseurs sont placés à cheval sur l'arbre moteur, perpendiculairement à l'axe longitudinal. Ils sont reliés à la partie supérieure par une forte entretoise en fonte, et ils servent de support au cylindre central. Les 2 cylindres extrêmes sont portés, l'un par le condenseur avant et un bâtis placé à l'avant de la machine au-dessus de l'arbre, et l'autre par le condenseur arrière et un bâtis arrière. Les glissières des tiges des deux pistons sont doubles, comme dans les anciennes machines horizontales, et sont disposées sur les condenseurs et les bâtis.

Les cylindres ne sont pas reliés ensemble, ils peuvent se dilater isolément, sans que la dilatation de l'un d'eux modifie la position de l'axe des autres. Nous avons vu que cette condition, extrêmement favorable à la régularité du fonctionnement, est de nature à préserver les pièces mobiles des avaries trop fréquentes dans les machines à allures rapides.

Les tiroirs à vapeur, placés sur le côté des cylindres, sont commandés par un arbre auxiliaire parallèle à l'arbre moteur, auquel il est relié par deux roues d'engrenage. Le changement de marche présente des dispositions analogues à celui de la machine du *Tonnant*.

Dans l'étude préliminaire que nous avons présentée des machines du genre

de celle qui nous occupe, nous avons reconnu la nécessité de munir les 3 cylindres d'organes de détente variable pour égaliser les puissances développées dans chacun d'eux aux diverses allures, et même à l'allure maximum pour laquelle la machine doit être calculée. Le constructeur de l'appareil de la *Dévastation,* prenant sans doute en considération les inconvénients que peuvent présenter dans la pratique les tiroirs de détente ainsi que les difficultés de leur installation, s'est borné à en placer sur le cylindre central, acceptant l'inégalité de puissance développée dans les 3 cylindres. Ce tiroir est du système Meyer, et reproduit les dispositions principales du tiroir de la machine du *Villars*, représenté pl. VIII, dont nous donnons ci-après la description.

La position assignée aux 2 condenseurs, entre les bielles des machines, laisse en abord une place bien dégagée pour les pompes à air, les pompes alimentaires et les pompes de cale, lesquelles sont conduites par des traverses, fixées d'une part, aux tiges principales des pistons, et d'autre part, à des tiges supplémentaires; les 2 condenseurs reçoivent l'eau de la circulation d'une turbine unique qui est logée dans les plaques de fondation.

Nous ne poursuivrons pas plus loin la description de cette machine, dont nous avons voulu simplement indiquer les particularités les plus saillantes; nous donnons ci-après les dimensions des principaux organes.

Puissance indiquée		$8{,}000^{ch}$	
Nombre de machines		2	
		à haute pression.	à basse pression.
Nombre de cylindres par machine		1	2
Diamètre des cylindres		$1^{m},55$	$2^{m},00$
Course des pistons		1 ,00	1 ,00
Pression de régime		$4^{k},13$	
Détente nominale totale		4 ,62	
Condenseurs.	Nombre par appareil	2	
	Surface de condensation par appareil	$626^{m^2},66$	
	Surface de condensation par cheval	0 ,215	
Pompes à air à simple effet.	Nombre par appareil	2	
	Diamètre	0,690	
	Course	1,000	

Machine du Villars. — La machine du *Villars* est à 3 cylindres à bielles renversées, avec introduction dans le cylindre milieu, et détente dans les deux autres. Elle reproduit la disposition d'ensemble de la machine du *Tonnant* sur laquelle nous nous sommes appesanti avec quelque détail; elle en diffère par plusieurs points qui méritent d'être signalés.

Nous avons vu que dans la machine du *Tonnant* la position des condenseurs, qui sont reportés tout à fait aux extrémités de la machine, avait occasionné une augmentation de la longueur occupée par l'appareil. Le constructeur de la machine du *Villars* paraît s'être préoccupé de cet inconvénient, et il a placé les condenseurs sur les glissières des pistons avant et arrière; mais il a eu soin de laisser aussi libre et dégagé que possible l'accès aux glissières et aux pieds de bielle, en donnant à la caisse des condenseurs la forme d'un tambour cylindrique. Cette forme est du reste rationnelle, puisque pour un même développement des parois, et par suite, pour un même poids, elle donne un plus grand volume que la forme parallélipipédique, et qu'en outre, elle résiste efficacement sans l'aide de nervures, à la pression atmosphérique qui agit à l'extérieur.

De même que dans la machine précédente, le constructeur a muni le cylindre à haute pression, et celui-là seul, d'un tiroir de détente qui est du système Meyer.

Nous donnons, pl. VIII, une coupe transversale et une coupe longitudinale des tiroirs. Le dos du tiroir de distribution fixe est concave, de manière à permettre d'établir dans le même plan les 2 tiges *aa'* de ce tiroir et la tige *b* du tiroir de détente. Le tiroir de distribution n'a pas de compensateur, mais on a eu soin de rapprocher les deux orifices pour diminuer la force qui l'applique sur la table du cylindre.

Le tiroir de détente se trouve maintenu en contact avec le tiroir de distribution par des règles *cc'* pressées par des ressorts. Nous ne ferons pas une description détaillée de ces organes que la figure représente d'une manière suffisamment claire et précise : AA' sont les deux orifiçes d'arrivée de vapeur, *dd'* les deux lumières d'introduction du tiroir de distribution, *ee'* les deux lumières du cylindre, *ff'* les deux orifices d'évacuation du cylindre central communiquant avec les boîtes à tiroirs des deux cylindres extrêmes. On peut faire varier la position des barettes du tiroir de détente et, par suite, l'introduction au moyen de deux roues d'angle dont l'une est représentée en *g*.

Toutes ces dispositions nous paraissent fort bien entendues. Remarquons enfin que les parties frottantes des tiroirs sont recouvertes du métal dit antifriction.

En sus des objets dont il vient d'être question, l'exposition du ministère de la marine renferme quelques autres appareils, relatifs aux appareils moteurs. Nous les décrirons brièvement.

Appareil de dégraissage de l'eau d'alimentation. — Nous avons vu de quelle manière on neutralise l'effet nuisible des acides gras que le graissage des cylindres introduit dans les chaudières. On envoie dans le condenseur ou dans les chaudières des bases, soude ou chaux, qui forment avec ces acides des savons qu'on retrouve dans les chaudières sous la forme de boues et d'écumes ou sous la forme de boulettes, suivant la nature de la base employée. Il faut donc de temps en temps faire des extractions pour enlever une partie de ces dépôts pendant le fonctionnement de l'appareil, et opérer un nettoyage complet quand il est en repos. M. Hétet, pharmacien de la marine, a eu l'idée de dégraisser les eaux d'alimentation elles-mêmes et de recueillir les dépôts avant leur introduction dans les chaudières, qui ne reçoivent dès lors qu'une eau très-peu exempte d'impuretés. A la suite de recherches et d'essais multipliés, il a reconnu l'efficacité de la chaux, et c'est à cette base qu'il s'est arrêté.

L'appareil pour la mise en pratique de son procédé a été réalisé par M. Risbec; c'est celui dont le modèle se trouve exposé.

Il comprend deux parties distinctes : la première sert à la préparation du lait de chaux, l'autre est un filtre qui retient les dépôts.

Le lait de chaux se prépare dans une boîte à deux compartiments, la chaux éteinte est mise sous forme de boulettes et placée dans l'un d'eux ; on y envoie au moyen d'une pompe à course variable une quantité d'eau déterminée, calculée d'après l'allure de la machine ; cette eau, après s'être saturée de chaux, se déverse dans le second compartiment, d'où elle est extraite en même temps qu'un peu d'air par une pompe plus puissante que la première. L'eau de chaux mélangée d'air est envoyée en même temps que l'eau d'alimentation dans le filtre, qui comprend 3 compartiments ; dans le premier compartiment se fait le mélange de ces eaux, que facilite la présence des bulles d'air. De là, l'eau se rend dans les 2 autres compartiments où elle séjourne un temps suffisant pour permettre aux grumeaux de savon de se déposer. Puis elle est aspirée par les pompes alimentaires ; l'air, envoyé en même temps que l'eau de chaux, n'arrive pas jusqu'au deuxième compartiment, il est aspiré par les pompes alimentaires au moyen d'un petit tuyau spécial.

Tel est en gros l'appareil de dégraissage de MM. Hétet et Risbec, qui a été appliqué avec succès sur le *Dupetit-Thouars*. Les auteurs ont reconnu qu'un litre d'eau à 15° peut dissoudre 1g,38 de chaux pure en se saturant; mais que pratiquement, dans l'appareil décrit ci-dessus, il n'en dissout que 1 gramme. Comme d'un autre côté il n'y a que 1 gramme de chaux pure dans 1g,33 de chaux du commerce, il en résulte qu'il faut employer un litre d'eau pour 1g,33 de chaux dépensée.

Quant à la quantité de chaux à employer, elle est chimiquement égale au $^1/_{10}$ du poids des matières grasses à neutraliser; par suite, il faut 100 grammes de chaux pure ou 133 grammes de chaux du commerce par kilogramme d'huile, et 100 litres d'eau.

La question de l'alimentation des chaudières actionnant des machines à condensation par surface, avec une eau exempte de tout principe nuisible, est tellement importante que l'Institut n'a pas hésité à décerner à M. Hétet le prix Plumey, à titre de récompense pour ses recherches savantes et laborieuses.

Graisseur automatique à gouttes. — Le graisseur imaginé par M. Cousin est destiné au graissage des tiroirs et pistons à vapeur. Il a pour but de limiter au strict nécessaire la quantité d'huile envoyée aux cylindres et en même temps d'opérer le graissage d'une manière continue.

» Il diffère des vases graisseurs habituels par la disposition du robinet qui » livre passage à l'huile.

« Le boisseau n'est pas percé de part en part; il porte sur son pourtour une » série de petites cavités de diverses capacités, proportionnelles à l'importance » du graissage à obtenir. Le boisseau reçoit de la machine un mouvement » d'oscillation par suite duquel l'une des cavités se présente tantôt en face de » l'orifice du vase, tantôt en face du tuyau de déversement. »

» Le graissage est donc proportionnel au nombre de tours de la machine. » On fait varier la quantité d'huile en changeant la position du boisseau, opération qui, grâce à des dispositions fort bien conçues, se fait sans aucune difficulté.

L'appareil est complété par un tube niveleur. Il résulte des renseignements qui nous ont été donnés que cet instrument, mis en service sur un certain nombre de navires, fonctionne parfaitement.

Compteur différentiel. — Le compteur différentiel, imaginé par M. le capitaine de frégate Valessie, et réalisé et exécuté par M. Paul Garnier, ingénieur civil, est un instrument qui fournit des indications commodes et précises pour régler la vitesse et les manœuvres d'une machine de navire. Utile à tous les navires à vapeur, il intéresse particulièrement ceux qui naviguent en escadre.

Dans cet instrument, le mouvement de la machine, transmis par des engrenages, est composé avec celui de l'aiguille d'un compteur ou montre à secondes, et cette disposition donne aux indications une précision remarquable. Le *Compteur différentiel* de M. Valessie, présenté le 6 mai 1878 à l'académie des sciences, a fait l'objet d'un rapport duquel nous extrayons la description suivante :

« Voici l'exposé du principe sur lequel cet instrument est fondé. M. Valessie » prend une montre dont l'aiguille des secondes, centrée sur l'axe principal, » fait en conséquence en une minute le tour du grand cadran, pendant que sur » un petit cadran excentré une autre aiguille marque les minutes; cette montre » est encastrée et centrée sur un plateau tournant actionné par un axe moteur, » qui est mis en relation avec un des mouvements tournants de la machine. » L'axe moteur de l'instrument fait le même nombre de tours que la machine, » mais entre lui et le plateau tournant porte-montre, il y a, dans l'intérieur

» d'une boîte rectangulaire oblongue, qui contient tout le mouvement de l'appa-
» reil, une série de neuf petits axes intermédiaires tous parallèles (et verticaux
» quand la boîte de l'instrument est fixée comme cela convient, de manière à
» placer horizontalement le plateau porte-montre). Ces neuf petits axes sont
» commandés les uns par les autres au moyen de roues dentées de diamètres
» différents, les unes folles, les autres fixes sur leurs axes. Chacun de ces axes
» porte un manchon d'embrayage qu'on fait mouvoir à volonté de l'extérieur
» de la boîte, ce qui sert à changer le rapport du nombre de tours entre les
» deux axes voisins. Le cadran de la montre est visible par une ouverture circu-
» laire pratiquée dans la paroi de la boîte, et cette ouverture centrée également
» avec la montre est munie d'un limbe mobile à frottement doux, portant un
» index.

» Ajoutons encore que, quand la machine marche en avant, le plateau porte-
» montre fait tourner celle-ci sur elle-même en sens inverse du mouvement de
» son aiguille des secondes.

» Quand toutes les touches des embrayages sont abaissées, l'axe moteur de
» l'instrument et, par conséquent, la machine elle-même font un nombre de
» tours déterminé, pour un tour du plateau porte-montre.

» Ce nombre de tours de la machine pour un tour de la montre est de 11 dans
» l'instrument présenté à l'Académie par M. Valessie.

» Or l'aiguille des secondes de la montre fait un tour par minute sur le grand
» cadran. Si donc la machine fait 11 tours par minute, la montre tournera sur
» elle-même en sens inverse du mouvement de son aiguille, à raison d'un tour
» par minute, et l'aiguille restera dirigée sans cesse vers l'index porté par la
» boîte fixe de l'instrument. Si la machine marche à plus de 11 tours par minute,
» l'aiguille des secondes de la montre va reculer par rapport à l'index. Si au
» contraire, l'allure de la machine est inférieure à 11 tours, immédiatement
» l'aiguille des secondes va avancer par rapport à l'index.

» Ajoutons que cette avance ou ce retard de l'aiguille de la montre par rapport
» à l'index indique non-seulement que le navire est en arrière ou en avant du
» poste qu'il devait conserver, mais le nombre des secondes de retard ou d'avance
» de l'aiguille de la montre par rapport à l'index indique (sinon avec une
» rigueur mathématique, du moins d'une façon suffisante pour la pratique) de
» combien de secondes de marche, à l'allure commandée, le navire est en retard
» ou en avance ; de sorte qu'il suffit au mécanicien d'accélérer momentanément
» ou de retarder l'allure de sa machine de façon à ramener l'aiguille des secondes
» vis-à-vis l'index, pour que, par cela même, le navire ait reprit son poste, et
» qu'à partir de ce moment il n'y ait plus qu'à maintenir la fixité de l'aiguille
» des secondes vis-à-vis de l'index.

» Pour que l'instrument ait toute l'application voulue, il faut évidemment
» que ce que nous venons de dire pour l'allure de 11 tours de la machine puisse
» se pratiquer pour toute autre allure commandée.

» C'est à cet effet que l'instrument a été muni des engrenages à multiplications
» variables de vitesse, dont nous avons parlé. Pour que le mécanicien puisse
» faire varier le nombre de tours entre 11 et 80 par exemple, en passant par
» toutes les allures intermédiaires ne différant entre elles que de minimes
» fractions de tour, et qu'en même temps il n'ait pas à hésiter ni à tâtonner
» sur l'emploi de tels ou tels embrayages modifiant le rapport des vitesses entre
» l'axe moteur uni à la machine et le plateau porte-montre, il y avait évidem-
» ment à résoudre un problème d'engrenage et de mode d'indication qui ne
» laissait pas que de présenter des difficultés.

» M. Valessie les a surmontées de la façon la plus ingénieuse. Voici comment
» il a combiné son instrument à cet effet :

» Chacun des neuf systèmes d'engrenages intermédiaires multiplie le nombre » de tours de la machine par rapport à celui du plateau porte-montre par un » des neuf termes d'une série.

$$(1+d)^1\ (1+d)^2\ (1+d)^4\ (1+d)^8\ (1+d)^{16} \ldots\ldots (1+d)^{256}+d;$$

» En combinant de toutes les façons possibles les neuf facteurs de cette série, » on obtient 512 combinaisons différentes.

» M. Valessie a adopté, pour la valeur de d, un nombre tel, que le terme » $(1+d)^8$ soit égal à $^{31}/_{30}$, ce qui fait que la série précitée devient :

$$\left(\frac{31}{30}\right)^{\frac{1}{8}} \left(\frac{31}{30}\right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{31}{30}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{31}{30}\right)^{1} \left(\frac{31}{30}\right)^{2} \left(\frac{31}{30}\right)^{4} \left(\frac{31}{30}\right)^{8} \left(\frac{31}{30}\right)^{16} \left(\frac{31}{30}\right)^{32}$$

» Un tableau, calculé à l'avance et placé en évidence dans la machine, à côté » de l'instrument, met en regard des 512 combinaisons, qu'on peut obtenir par » l'emploi combiné de ces neuf facteurs, le nombre de tours correspondant de la » machine pour un tour de la montre, et ces nombres de tours ne diffèrent de » l'un à l'autre, pour deux combinaisons successives, que de $^1/_{10}$ de tour pour » une allure de 24 tours; de $^2/_{10}$ pour une allure de 48 tours; enfin de $^3/_{10}$ de » tour pour une allure de 72 tours.

» Dans ce même tableau sont inscrits, vis-à-vis du nombre de tours de la » machine correspondant à un tour de la montre, les exposants des termes de la » série précitée qu'il faut mettre en jeu simultanément, de sorte que, chaque » touche des neuf embrayages portant l'indication de l'exposant du facteur, le » mécanicien n'a de suite qu'à embrayer les numéros indiqués dans le tableau » pour obtenir la relation voulue entre les nombres de tours.

» Il suffit même que le tableau porte la somme des exposants des facteurs à » mettre en jeu, pour que le mécanicien puisse en conclure immédiatement » quelles sont les touches des embrayages à faire agir pour obtenir cette somme » d'exposants indiquée. On remarquera encore que tous les exposants des termes » de la série précitée sont des multiples entiers du nombre 8. Le numéro » indicateur des touches et le nombre du tableau correspondant à tel ou tel » nombre de tours de la machine peuvent donc être exprimés en nombres » entiers de $^1/_8$, ce qui facilite encore l'opération du mécanicien.

» Cette ingénieuse combinaison des nombres, jointe à l'idée de la montre » tournante, qui forme le principe fondamental de l'instrument, constitue un » mérite incontestable à l'œuvre de M. Valessie. »

La description précédente suffit pour montrer avec quelle facilité le mécanicien peut maintenir la machine à l'allure voulue.

Ce résultat n'est pas le seul que permet d'obtenir le compteur différentiel : lorsque plusieurs navires marchent en ligne droite à la suite l'un de l'autre avec la même vitesse, circonstance très-habituelle dans la navigation en escadre, il donne le moyen d'augmenter ou de rapprocher les distances avec précision. Pour fixer les idées, considérons le cas d'un navire pourvu d'une machine qui le fasse progresser de 5^m pour chaque tour d'hélice et supposons que la vitesse soit réglée à 10 nœuds, soit à peu près à 5 mètres par seconde. — La machine bat donc 60 tours par minute. — Supposons maintenant qu'on veuille gagner 100 mètres sur un navire marchant de conserve et maintenant son allure à 10 nœuds; on obtiendra ce résultat en augmentant la vitesse de la machine de telle sorte que dans un temps arbitraire, elle ait fait 20 tours de plus que ne le voudrait l'allure de 10 nœuds. — Mais cette augmentation de vitesse fait avancer l'aiguille par rapport à l'index et dans les conditions où nous nous sommes placés,

l'avance est juste d'une division par tour supplémentaire de la machine. — Lors donc que l'aiguille aura avancé de 20 divisions, la machine aura donné 20 tours de plus que le nombre de tours qui aurait maintenu sa vitesse à 10 nœuds, le navire aura parcouru $20 \times 5 = 100^{m}$ de plus que si cette vitesse n'avait pas été augmentée. — Dès lors pour effectuer la manœuvre qui vient d'être indiquée, l'officier a seulement à commander au mécanicien de gagner 20 divisions. — Celui-ci peut l'exécuter avec une précision parfaite et reprendre de lui-même au moment opportun l'allure normale. On voit par cet exemple qu'une manœuvre semblable est rendue très-facile et très-sûre par l'emploi du compteur différentiel, aussi bien pour quelques mètres que pour plusieurs centaines de mètres, et que l'exécution n'en est pas entravée, même si la vue est interceptée par la fumée ou par la brume, ce qui est d'une grande importance dans la navigation d'escadre.

Le compteur différentiel est très-portatif, il a 40 centimètres de longueur, 10 centimètres de largeur et autant de hauteur. M. Paul Garnier en a déjà livré 23 à la marine française, dont un pour l'Exposition et les autres pour les bâtiments de divers types.

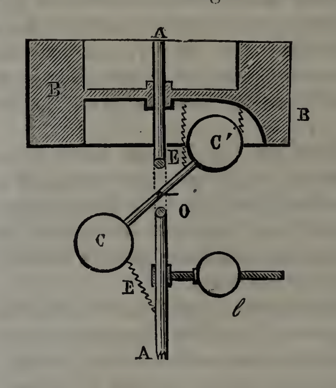


Fig. 10. — Pendule conique à boules équilibrées.

Indication du nombre de tours. — A côté du compteur différentiel, fonctionne un instrument donnant par les indications d'une aiguille sur un cadran le nombre de révolutions d'une machine. Cet instrument, appelé par son auteur, M. Madamet, ingénieur de la marine, *Indicateur du nombre de tours par minute*, présente des dispositions mécaniques très-ingénieuses, dont nous trouvons la description complète dans la *Revue maritime et coloniale*. Sans entrer dans le détail de toutes les particularités de cet appareil, nous pensons qu'il sera intéressant pour le lecteur d'en connaître le principe.

Cet appareil, basé sur l'emploi de la force centrifuge, est formé essentiellement d'une pendule conique à boules équilibrées (fig. 10); un arbre vertical AA, muni d'un fort volant B, et animé d'un mouvement de rotation proportionnelle à celui de la machine, entraîne avec lui les 2 boules C C' fixées aux deux extrémités d'un bras oscillant autour de son centre de gravité O. La force centrifuge des boules est équilibrée par quatre ressorts E E, égaux deux à deux de façon à toujours donner lieu à des couples.· L'écartement du pendule conique change avec le nombre de tours, il suffit donc de le mesurer. A cet effet, le mouvement relatif des boules par rapport à l'axe se transmet à un manchon entourant l'arbre et qui s'élève ou s'abaisse suivant les variations de la vitesse, enfin le manchon est relié à une aiguille mobile sur un cadran. Des dispositions sont prises en vue d'éviter les erreurs que pourrait occasionner le jeu entre les diverses pièces.

Tel est le principe fort simple de l'indicateur du nombre de tours, dont la réalisation comporte une série d'organes accessoires indispensables.

Remarquons d'abord que les pièces mobiles ont une masse assez considérable, qui demande un certain temps, soit pour être mise en marche, soit pour être arrêtée; un départ brusque de la machine, un arrêt immédiat amèneraient fatalement des avaries. Il convient en outre, pour la commodité d'installation, que l'instrument soit actionné par une simple tringle, conduite

par la machine, soit directement, soit au moyen de mouvements de sonnette. Le mouvement oscillatoire de la tige est transformé en un mouvement de rotation par l'artifice suivant ; l'arbre moteur de l'appareil est relié par un ressort spiral à un barillet, dont le contour extérieur porte deux rangées de dentures. Deux lingets conduits par la tige viennent à tour de rôle se mettre en prise avec ces dents et bander le spiral. La bande de celui-ci détermine la rotation de l'arbre. On voit que le premier effet de la machine, lorsqu'elle est mise en marche, est de bander le ressort, et que l'arbre portant les boules n'est mis en mouvement que progressivement. M. Madamet a reconnu que ce ressort était, en outre, indispensable pour donner aux indications de l'aiguille une certaine fixité. La rotation de l'arbre moteur actionné par le spiral se transmet considérablement amplifiée à une roue à rochet, placée sur l'arbre du pendule et folle sur cet arbre. L'entraînement se fait au moyen de deux lingets portés par l'arbre. Il résulte de cette disposition que le système du volant et des boules peut continuer à se mouvoir dans les ralentissements ou les arrêts brusques de la machine (pl. X).

Nous ne parlerons pas des précautions prises pour arriver à avoir sur le cadran des divisions égales, et pour assurer le graissage des articulations et des axes. Nous nous bornerons à relater que des indicateurs du nombre de tours par minute ont été essayés d'abord sur le vaisseau l'*Océan* puis sur la corvette la *Thétis* et qu'ils ont toujours parfaitement fonctionné. Sur ce dernier bâtiment l'un des instruments était placé sur la passerelle elle-même. L'indicateur du nombre de tours, dont la marche régulière est due à un ensemble de combinaisons ingénieuses, répond à un besoin si souvent manifesté, que l'Institut a décerné à son auteur le prix Plumey.

Pistons à ressorts élliptiques.. — Signalons enfin le système de ressorts de pistons, imaginé par M. l'ingénieur Courbebaisse, dans le but de donner aux garnitures de piston la bande voulue sans qu'on soit obligé de dénoter les couronnes.

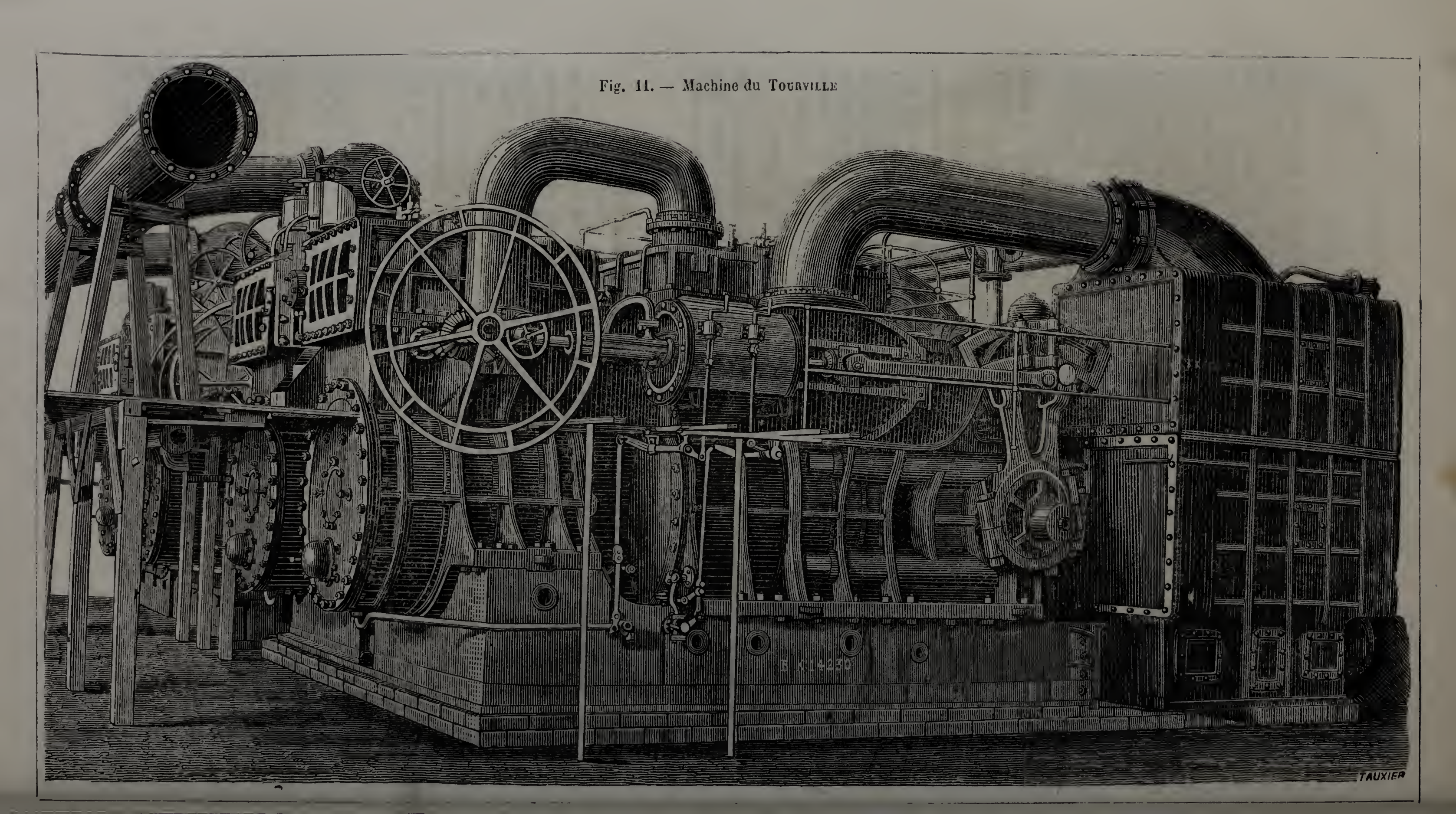
Société nouvelle des forges et chantiers de la Méditerranée.

La Société nouvelle des forges et chantiers de la Méditerranée expose dans ses vitrines une série de dessins et de photographies de machines, choisies parmi les nombreux appareils sortis de ses ateliers de Marseille et du Havre. L'extrême variété des types de ces appareils, qui comprennent des machines de la force de 7,200 chevaux comme celle du croiseur le *Tourville*, des machines de torpilleurs construits pour le gouvernement français et pour le gouvernement espagnol, des machines à pilon de puissances diverses destinées à des paquebots, des machines d'embarcations, etc., etc., donne, pour une seule branche des travaux multiples qu'embrasse la Compagnie, une idée de la puissance de production de ses établissements.

Nous devons regretter que la Société n'ait pu exposer une machine complète, qui aurait mis en évidence aux yeux des visiteurs l'élégance des formes qui caractérise beaucoup de ses productions mécaniques.

Nos lecteurs nous sauront gré de combler ce vide en plaçant sous leurs yeux les dessins de quelques-unes de ces machines ; celle du croiseur de la marine militaire, le *Tourville*, et de machines à pilon pour bâtiments de commerce (fig. 11 et 12) Nous avons pu nous procurer quelques données intéressantes sur les dimensions de la machine *Tourville*. Cette machine est à bielles renversées à 8 cylindres : 4 d'introduction et 4 de détente. Les cylindres de détente, juxtaposés, portent les deux tiges de piston ordinaires, placées l'une au-dessus, l'autre au-dessous de l'arbre moteur ; les cylindres d'introduction sont dans le

Fig. 11. — Machine du Tourville



prolongement des grands cylindres; c'est donc la disposition que nous avons remarquée sur la machine du *Duguay-Trouin*.

Nous avons déjà eu occasion de dire les résultats remarquables qu'à fournis cet appareil dans les essais officiels qui ont eu lieu en 1877. La machine a développé 7467 chevaux, c'est-à-dire environ 84 chevaux par mètre carré de surface de grille. Elle a imprimé au navire une vitesse de 17 nœuds qui donne au croiseur le *Tourville* une supériorité incontestée sur les croiseurs des autres puissances.

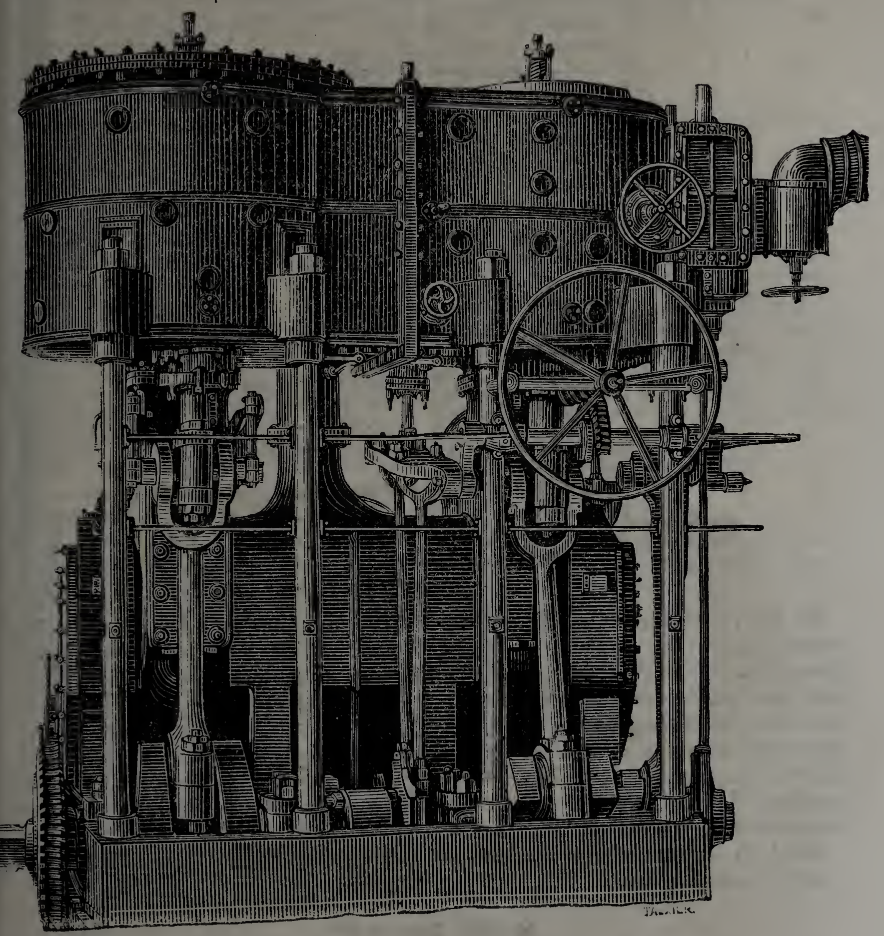


Fig. 12. — Machine Compound de 760 chevaux indiqués.

Les tiroirs placés au-dessus des cylindres sont conduits par des coulisses avec changement de marche à vapeur du système Stappfer de Duclos. En regard de chacun des cylindres de détente se trouve un condenseur tubulaire. Il résulte de cette disposition d'ensemble que l'appareil est formé de 4 machines juxtaposées. Ces machines sont groupées de la manière suivante : les 2 de l'avant ont leurs manivelles conjuguées à 180°; les 2 de l'arrière ont de même leurs manivelles calées à 180° l'une de l'autre et 90° des manivelles du 1er groupe.

L'eau de circulation est fournie par des turbines au nombre de 4, une par condenseur.

Dimensions principales.

		Cylindres d'introduction.	Cylindres de détente.
Nombre de cylindres		4	4
Diamètre		1m,42	2m,05
Course des pistons		1 ,00	1 ,00
Volume		»	»
Introduction en fration de course des pistons de		0,8 à 0,61	0,8 à 0,63
Nombre de tours par minute		»	
Condenseurs.	Nombre de condenseurs	4	
	Diamètre intérieur des tubes	0m,018	
	— extérieur des tubes	1 ,020	
	Longueur (comptée intérieurement aux plaques de tête)	1 ,900	
	Nombre de tubes par condenseur	»	
	Surface réfrigérante par condenseur	»	
	Surface réfrigérante totale	»	
	— par m² de surface de grille	»	
Pompes à air à double effet.	Nombre	4	
	Diamètre	3m,384	
	Course	1 ,000	
Pompes alimemtaire à simple effet.	Nombre	4	
	Diamêtre	0m,185	
	Course	1 ,000	
	Volume engendré	»	
Pompes centrifuges.	Nombre	4	
	Diamètre	0m,900	
	Nombre de piles	6	
	Débit d'une pompe par minute	18,000 litres.	
Machine motrice (pour 2 pompes).	Nombre,	2 (1 p. 2 pompes).	
	Nombre de cylindres par machine	2	
	Diamètre	0,320	
	Course	0,300	

La fig. 12 représente un appareil de 760 chevaux, construit en 1875 pour les paquebots, « *Ville de Bahia* », *Ville de Santos* et *Ville de Rio-Janeïro*, appartenant à la compagnie des chargeurs réunis. Les cylindres, sont portés d'une part par la caisse du condenseur qui est disposée parallèlement à l'axe longitudinal et d'autre part par des colonnes en fer. Tout le mouvement des bielles, des excentriques, etc., se trouve parfaitement dégagé ; la surveillance et la conduite de l'appareil sont faciles. La pompe à air, la pompe à eau froide et les pompes alimentaires sont verticales et conduites par des balanciers attelés aux traverses des pistons.

La pl. IX représente une machine de 1350 chevaux indiqués. construite par la même Compagnie.

Maison Cail et Cie.

La maison Cail et Cie expose une machine destinée à un bateau à hélice naviguant sur un fleuve et faisant un service de voyageurs ou de plaisance. Cette machine, de la force de 60 chevaux indiqués, est du système Compound, à 2 cylindres et présente les dimensions suivantes :

Diamètre du petit cylindre	0m250
Diamètre du grand cylindre	0, 440
Course des pistons	0, 250
Nombre de tours par minute	200
Valeur de l'admission en marche normale	1/6

La vapeur après son action dans le premier cylindre se rend dans une chambre formant l'enveloppe des deux cylindres, d'où elle est prise pour être admise dans le grand cylindre. Le mécanisme est établi dans les meilleures conditions de construction adoptées pour les locomotives.

Les tiroirs sont conduits par une coulisse qui permet de faire varier la détente. Le levrier de mise en train règle l'arrivée de l'eau au condenseur en même temps qu'il modifie la dépense de vapeur. Le condenseur à injection forme bâti, il est muni de deux pompes à air à simple effet placées sur l'avant et sur l'arrière du condenseur.

Cette machine pèse 2,900^{k}, y compris le manchon d'un brayage et le palier de butée.

Elle doit être actionnée par une chaudière tubulaire à retour de flammes de 27^{m2},60 de surface de chauffe et timbrée à 5 kil. effectifs.

Exposition de M. Normand.

M. A. Normand, du Havre, qui soutient avec honneur la vieille réputation de la maison de son père, expose quelques dessins de pièces de machines. En sus des bielles dont nous avons déjà parlé, on trouve des tiroirs de distribution d'une forme spéciale, avec évacuation par le dos, qu'il a appliqués à des bateaux torpilleurs, et un condenseur à surface dans lequel la circulation de l'eau est obtenue par le seul sillage du navire. Ce condenseur établi sur le yacht, la *Fauvette*, a donné les meilleurs résultats. Son efficacité repose sur la forme particulière, brevetée, des plaques tubulaires.

Messageries maritimes.

Avant de quitter le bâtiment de la classe 67, nous avons encore à signaler dans l'exposition de la Compagnie des messageries nationales le plan d'une machine de 600 chevaux. Cette machine, à pilon du système Compound, est à trois cylindres avec introduction dans le cylindre du milieu. Les tiroirs de distribution de ce cylindre, au nombre de 2 et ceux des cylindres extrêmes sont intercalés entre les cylindres. Ils sont conduits par des coulisses avec mise en train à vapeur; la machine est pourvue d'un tiroir de détente variable.

Le condenseur est à tubes verticaux avec circulation à l'extérieur des tubes. Les pompes à air au nombre de 2, et les pompes alimentaires sont menées par des balanciers.

Nous regrettons que la Compagnie n'ait pas exposé en même temps les plans d'exécution de l'appareil, qui, grâce aux conditions toutes particulières dans lesquelles elle se trouve, eussent présenté un intérêt majeur. En effet, cette Compagnie construit et répare elle-même ses machines, et elle a dû arriver par une pratique de chaque jour et par une longue tradition, à donner aux divers organes de ses appareils et aux détails des différentes pièces des formes appropriées au service actif de ses bâtiments. Tous les ingénieurs savent que les détails d'exécution, même les plus minutieux, d'une machine à vapeur contribuent pour une large part à son bon fonctionnement, et il n'est pas douteux pour nous que les plans complets des machines de la Compagnie des messageries n'eussent offert des sujets d'étude aussi instructifs qu'intéressants.

Exposition du Creuzot.

Le Creuzot expose dans son pavillon particulier une machine de la force de 5,640 chevaux indiqués, destinée à un transport de la marine militaire. Cet

appareil, remarquable par son exécution soignée, fait véritablement honneur aux ateliers qui l'ont construit. C'est une machine à pilon à 3 cylindres, du système Compound, avec introduction dans le cylindre central et détente dans les deux autres. Les cylindres sont supportés d'une part par les caisses des condenseurs, et d'autre part par des bâtis.

Les tiroirs à double orifice sont sur le côté des cylindres ; ils sont conduits par un arbre auxiliaire relié à l'arbre moteur par un double système de 2 roues d'engrenages, un à l'avant et l'autre à l'arrière ; le changement de marche est à coulisse avec arbre de relevage commun aux 3 tiroirs. La mise en train est à vapeur sans servo-moteur.

Les 2 condenseurs reçoivent l'eau de circulation de 2 pompes centrifuges avec moteurs spéciaux. Chacun est muni d'une pompe à air horizontale à double effet ; celle de l'avant reçoit son mouvement d'un bouton excentré, ménagé à l'extrémité de l'arbre moteur, et celui de l'arrière d'un énorme excentrique. La disposition des pompes verticales nous paraît de beaucoup préférable.

Dimensions principales.

		Cylindres d'introduction	Cylindres de détente.
Puissance indiquée		»	
Pression de régime		4ᵏ	
Cylindres.	Nombre	1	1
	Diamètre	1ᵐ,40	1ᵐ,86
	Durée de l'introduction	61 ,70	1 ,76
	Course des pistons	1 ,00	1 ,00
	Nombre de tours	66	
Condenseurs.	Nombre	2	
	Surface totale réfrigérante	550ᵐ²	
	Nombre de tubes	5526	
	— de pompes à air	2	
	Diamètre des pompes à air	0ᵐ,690	
	Course des pistons à air	0 ,450	
Débit des turbines par heure		1100ᵐᶜ	

La machine du *Mytho* sera alimentée par 8 chaudières cylindriques à 2 foyers par corps.

Nombre de corps	8
— de foyers	16
Surface de grille	33ᵐ²,50
— de chauffe	780 ,00

Devis des poids.

Machine proprement dite	217,600ᵏ
Transmission de l'hélice	57,900
Appareils auxiliaires	33,500
TOTAL pour la machine	309,000
Chaudières complètes sans eau	191,000
Eau des chaudières	81,300
POIDS TOTAL	581,300

Le Creuzot expose également les dessins de l'appareil moteur du vaisseau cuirassé le *Redoutable* (6000 chevaux) et de l'appareil du *Foudroyant* (8000 chevaux) que nous nous bornons à mentionner.

Signalons enfin un arbre porte hélice en acier fondu, brut de forge, du poids de 20,250 kilogrammes, et un arbre à manivelles, également brut de forge, du poids de 15,000 kilogrammes.

Appareils divers.

En dehors de la classe 67, nous trouvons dans le palais du Champ-de-Mars bon nombre d'appareils qui présentent un intérêt sérieux pour la mécanique navale, mais dont la description trouvera sa place dans d'autres parties de ces études. Nous ne parlerons que de ceux qui ont une application directe à bord des navires.

Cinémomètre Jacquemier. — M. Bourdon expose un instrument donnant le nombre de tours d'une machine par minute; cet instrument, de l'invention de M. Jacquemier, remplit le même but que l'indicateur Madamet, mais il est conçu d'après des principes tout différents dont nous chercherons seulement à donner un exposé sommaire : Une roue à rochet dont le cliquet est en relation avec la machine avance d'une dent pour chaque tour que fait l'appareil, et pousse au moyen d'un bouton une aiguille mobile sur un cadran ; au bout d'un certain nombre de secondes, 50 par exemple, un mouvement d'horlogerie fait sortir un doigt d'arrêt qui maintient l'aiguille dans sa position et en même temps soulève le cliquet moteur de la roue à rochet qui, sous l'action d'nn ressort, revient à sa position initiale; l'aiguille reste immobile sur le cadran qui porte en ce point l'indication du nombre de tours par minute qu'a faits la machine. Si ce nombre de tours est de 30, pour fixer les idées, le chiffre porté sur le cadran au point d'arrêt de l'aiguille est 30; dans les conditions que nous avons supposées, 25 dents de rochet auront été poussées pendant 50 secondes. La minute écoulée, le mouvement d'horlogerie ramène le linguet en prise avec la roue à rochet, laquelle recommence son mouvement pendant 50 secondes. Si l'allure est changée et est devenue moins rapide, elle n'avancera plus de 25 dents, mais de 20 par exemple. A ce moment le mouvemement d'horlogerie retire le doigt d'arrêt de l'aiguille qui tombe sur la division correspondant à 20 dents et reste fixée à ce point. La division correspondante du cadran est 24, puisque 20 dents poussées pendant 50 secondes correspondent à 24 tours par minute. Et ainsi de suite.

On voit donc que l'aiguille indique toujours le nombre de tours moyen que la machine a effectués pendant la minute qui a précédé celle où se fait l'observation. En réalité l'appareil est un peu plus compliqué que nous ne l'avons supposé; il faut quelques doigts supplémentaires pour assurer le mouvement et l'arrêt de l'aiguille. En outre le cycle des opérations s'effectue dans une période moindre que une minute, 20 secondes, si nous nous rappelons bien.

Cet instrument a fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition et a servi à contrôler l'allure d'un petit moteur à colonne d'eau.

Graisseur pour machines. — M. Mourraille expose un graisseur pour organes baignés par la vapeur du système Courbebaisse et Penelle, qui nous paraît convenir parfaitement aux machines marines, pl. VII. Il est fondé sur le déplacement de l'huile contenue dans un vase par de l'eau provenant de la condensation de la vapeur. Deux vases, V et U, communiquent chacun par un des tuyaux a, b avec la tubulaire T fixée sur le tuyau de vapeur de la machine; un tuyau c les réunit. Le 1er V contient l'huile, l'autre ne sert qu'à condenser la vapeur. L'eau provenant de cette condensation tombe dans le vase V par le tuyau c et chasse l'huile

qui se déverse dans le tuyau de vapeur par le tuyau *a*. Le vase V contient donc à la partie inférieure de l'eau et au-dessus de l'huile; un tube en verre indique le niveau des deux liquides et montre quand il faut recharger l'appareil. Pour cela on ferme l'orifice d'arrivée de l'eau dans le vase V, on purge par la tubulure K, et on remplit d'huile par le godet H.

On règle l'importance du graissage en maintenant en V une quantité d'eau plus ou moins grande qui fait varier dans les limites désirées la surface libre, c'est-à-dire la surface condensante.

Graisseur Consolin. — Le graisseur Consolin est également fondé sur le déplacement de l'huile du graisseur par de l'eau de condensation d'une certaine quantité de vapeur. L'appareil réfrigérant, au lieu d'être superposé au graisseur, est placé à une certaine distance au-dessus.

Pour en finir avec les graisseurs, signalons enfin dans la section américaine celui du système Nathan et Dreyfus, qui semble établi sur les mêmes données.

Section anglaise.

Modèles exposés par M. Penn and sons. — Dans la section anglaise nous trouvons les modèles des machines marines exposées par la maison Penn and sons de Greenwich; les modèles sont ceux :

1° D'une machine à roues de 500 chevaux nominaux, construite en 1846 pour le navire le *Sphinx*.

2° D'une machine à hélice, à fourreau, de 1,350 chevaux nominaux, construite en 1863 pour les navires le *Minotaur* et le *Northumberland*.

3° De la machine destinée au navire Italien le *Christoforo Colombo* et construite en 1876.

Les 3 modèles marquant les 3 étapes principales auxquelles la construction des machines marines s'est arrêtée à diverses époques indiquent nettement la succession des progrès réalisés : D'abord, machines à roues, puis machines à hélices à moyenne pression, à 2 cylindres avec condenseurs par injection; enfin machines Compound à haute pression. Ces 3 modèles, dont l'exécution, réellement admirable, est en tous points digne d'une maison universellement connue pour la perfection de ses produits, présentent tous des particularités intéressantes; mais, pour nous conformer au programme que nous nous sommes tracé, nous ne nous occuperons que du dernier type, celui qui se rapporte aux machines modernes.

La machine du Christoforo-Colombo est à 3 cylindres à pilon. Elle peut fonctionner soit comme machine Compound, soit comme machine à 3 cylindres avec introduction directe dans chacun d'eux. Dans le 1er cas la vapeur n'est introduite directement que dans le cylindre avant, et elle se détend dans les 2 autres. Chacun des cylindres est pourvu d'un tiroir de détente actionné par une coulisse; il y a donc 4 excentriques par cylindre, en tout 12 excentriques sur l'arbre.

Le condenseur unique se trouve reporté en abord, et est pour ainsi dire indépendant des cylindres et des bâtis; il est à tubes horizontaux avec circulation intérieure aux tubes. L'eau de circulation lui est fournie par une turbine actionnée par une machine à pilon à un seul cylindre.

Les pompes à air au nombre de 2, les pompes alimentaires et les pompes de cale sont placées verticalement entre les bâtis et le condenseur.

La machine du Christoforo-Colombo peut développer 2,000 chevaux lorsqu'elle est employée comme machine Compound, et 5,000 chevaux avec l'introduction directe dans les 3 cylindres.

Machine de Maudslay.

M. Maudslay expose les modèles des machines qu'il a installées sur les paquebots *Germanic* et *Britannic* de la compagnie des *White Star Steamers* et sur les paquebots *Ville du Havre*, *Europe*, *France*, *Amérique*, *Labrador* et *Canada* de la Compagnie transatlantique.

Nous avons donné la description sommaire de ces appareils dans le compte rendu de l'exposition de la Compagnie transatlantique.

Exposition de M. Whitworth.

Nous ne pouvons parler des appareils moteurs de navires sans appeler l'attention sur les pièces de machines exposées par la maison Whitworth. Ce sont : une chemise intérieure de cylindre à vapeur et un arbre d'hélice, creux tous deux, exécutés en acier fondu comprimé liquide. La dimension de ces pièces, l'homogénéité du métal, l'absence de toute soufflure en font un spécimen des plus remarquables du procédé métallurgique qu'a inventé M. Whitworth.

Dimensions du cylindre.

Diamètre intérieur	$1^m,97$
Epaisseur	0 ,045
Longueur	1 ,500

Dimensions de l'arbre.

Longueur	$10^m,236$
Diamètre extérieur	0 ,445
— de tours	0 ,289
Poids	$8,000^k$
— d'un arbre plein de même force	13,000

Section des Pays-Bas.

La section des Pays-Bas nous donne les dessins d'une machine de 2,700 chevaux, qui présente cette particularité de n'être pas du système Compound.

C'est une machine horizontale, à bielles directes, à deux cylindres (avec introduction dans chacun d'eux) et condenseur à surface ; les tiroirs, à double orifice et placés sur le côté, sont conduits par des coulisses actionnées chacune par deux excentriques ; chaque cylindre est muni d'un tiroir de détente à grille, à course variable ; il reçoit son mouvement d'un seul excentrique par l'intermédiaire d'une coulisse oscillant autour d'un point fixe.

Cette machine présente une addition peu commune ; chaque cylindre est pourvu d'un petit tiroir supplémentaire se manœuvrant à la main et permettant de réchauffer les cylindres sans toucher la mise en train. (Nous avons vu que les robinets ajoutés par M. Claparède sur chacun des cylindres du *Drac* remplissaient le même objet, tout en servant en même temps à relever des diagrammes et à faciliter la mise en marche.)

A chaque cylindre correspond un condenseur qui est muni de 2 pompes à air dont les tiges sont fixées aux pistons moteurs. L'eau de circulation est fournie par des turbines à moteurs indépendants.

Puissance		2,709ch
Cylindres.	Nombre	2
	Diamètre	1m,85
	Course	0 ,66
Nombre de révolutions par minute		90
Durée de l'introduction par la détente variable de		0,1 à 0,3
Condenseurs.	Nombre	2
	— de tubes	»
	Diamètre intérieur	0m,013
	Longueur	1 ,60
	Surface des 2 condenseurs	725m²
Pompes à air.	Nombre	4
	Diamètre	0m,445
	Course	0 ,66
Chaudières.	Nombre de corps	4
	Diamètre	3m,68
	Longueur	5 ,40
	Nombre de foyers par corps	6
	Diamètre des foyers	0m,914
	Surface de grille	40m²
	— de chauffe	1000
	Pression de régime	3k,9

Propulseurs.

Les propulseurs, qui sont assurément l'un des organes sur lesquels s'exercent le plus volontiers les recherches des inventeurs, sont en nombre assez grand à l'Exposition; la plupart sont du genre hélice. Quelques-uns ayant la forme hélicoïdale usuelle présentent simplement quelque particularité dans l'exécution, mais la plus grande partie ont des formes spéciales qui, dans l'esprit de leurs auteurs, sont plus propices à la marche et doivent procurer des économies de combustible plus ou moins considérables. Nous avouons en toute franchise et humilité que nous ne sommes pas toujours de force à comprendre et à saisir les principes et les raisonnements qui servent de base à l'établissement de ces propulseurs; aussi sommes-nous quelque peu sceptique à l'endroit des brillantes promesses annoncées; cependant nous ne sommes pas opposé à des formes nouvelles, nous n'en repoussons aucune à priori, et nous serions même le premier à recommander un propulseur dont la supériorité sur un *propulseur formé de surfaces hélicoïdales et calculé et construit correctement*, se dégagerait nettement d'essais comparatifs et se trouverait clairement établie par des mesures précises de *puissance* et de *vitesse*.

Nous n'examinerons pas en détail tous les types que nous avons vus, nous bornant simplement à les signaler.

Hélice en fonte émaillée de MM. Rogeat frères, de Lyon. — Cette hélice est tracée suivant les règles habituelles, et présente cette particularité d'avoir la surface recouverte d'émail. Nous serions assez disposé à croire que la présence de l'émail diminuant le frottement des ailes dans l'eau procure un certain bénéfice; d'après les inventeurs, l'emploi de ces hélices sur les bateaux-mouches aurait donné une économie de 10 p. 0/0.

Hélice Cuizinier. — C'est une hélice à 4 ailes déployées, dont les 2 ailes arrière peuvent, par le moyen d'un mécanisme particulier, se rabattre sur les 2 ailes avant, dans le cas où on veut marcher à la voile.

Hélice Richard de Nantes, à surfaces brisées, non hélicoïdale.

Hélice Heu, brevetée.

Hélice Monnier, à pas différentiels. — *Hélice française,* de MM. Pinet et Fleuret. — Et dans la section anglaise : *Hélice cycloïdale.* — *Hélice Low-Vansitard.*

Nous voyons d'après ce compte-rendu que l'adoption des machines Compound à haute pression est à peu près générale, et en même temps qu'il ne s'est produit aucune machine nouvelle. Rien de plus naturel.

Les derniers perfectionnements ont été si rapides et en même temps si efficaces, qu'ils doivent forcément être suivis d'un temps d'arrêt.

On peut bien prévoir certaines améliorations de détail, telles qu'une disposition plus rationnelle des organes de détente, un accroissement de vitesse, etc.; mais on n'entrevoit rien qui soit de nature à modifier la composition, l'essence même des appareils.

Le perfectionnement un peu considérable qui semble le plus proche, c'est l'augmentation de la pression; mais il ne dépend guère des organes mécaniques, qu'il sera toujours facile d'approprier aux nouvelles conditions, et il reste entièrement subordonné à l'amélioration des appareils évaporatoires.

TROISIÈME PARTIE

CHAUDIÈRES MARINES

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La construction des chaudières à vapeur est un des problèmes les plus complexes qui s'offrent à l'étude et à la sagacité des Ingénieurs. S'il est facile, en effet, d'imaginer toutes sortes d'appareils plus ou moins simples ou ingénieux, pouvant servir à la production de la vapeur, il est extrêmement rare d'en trouver qui remplissent d'une manière à peu près satisfaisante les conditions les plus essentielles d'une bonne chaudière.

Ces conditions sont faciles à définir d'une manière générale : combustion complète du charbon, sans excès d'air; bonne utilisation de la chaleur; production de vapeur sèche; longue durée; construction exempte de complications onéreuses; réparations, entretien, nettoyages faciles, etc.; tout cela est pour ainsi dire banal.

Mais quand on veut entrer plus avant dans le détail de ces conditions, et déterminer les proportions relatives des diverses parties constitutives de l'appareil, qui sont de nature à y donner satisfaction, on tombe dans le vague et dans l'incertitude; on peut dire que les proportions que chaque constructeur considère comme les meilleures ne sont autre chose que l'expression même de l'appareil évaporatoire qu'il a en vue ou qu'il veut faire prévaloir. En réalité, au moins pour certaines parties des chaudières, ces proportions peuvent et doivent varier dans des limites étendues; elles dépendent essentiellement de la forme et de la composition des appareils. Aussi quand on adopte, pour un système nouveau de chaudière, les proportions qui ont réussi dans un autre, court-on fort le risque de graves mécomptes. On n'en est pas non plus à l'abri lorsque, sans modifier la forme générale des chaudières, on change leur grandeur absolue. Telle chaudière, qu'on a cherché à garantir des entraînements d'eau, prime; tandis que telle autre, munie d'un coffre à vapeur plus restreint, fournit de la vapeur sèche. Dans celle-ci le charbon brûle avec une flamme claire, dans une large chambre à feu, mais avec un excès d'air qui refroidit les gaz et diminue le rendement; celle-là, malgré des modifications qui semblent rationnelles, ne peut être mise à l'abri de détériorations, qui se traduisent par des fuites et souvent par des avaries assez graves pour nécessiter le changement des appareils, etc.

Aussi un type de chaudière ne saurait être éprouvé qu'à la longue, par un service de plusieurs mois, sinon d'une ou deux années. C'est pourquoi, malgré la grande variété des systèmes qui sont dus aux recherches des constructeurs, malgré les avantages particuliers que certains d'entre eux peuvent présenter, on s'en tient à un petit nombre de types qui ont la sanction de la pratique.

Cependant un certain nombre de conditions, en très-petit nombre, se dégagent avec assez de précision de la comparaison des divers systèmes usuels et sont communes à tout appareil bien conçu.

Combustion et tirage. — En ce qui concerne les chaudières tubulaires à tirage naturel, qui forment l'immense majorité des appareils employés dans la

marine, on a reconnu que les diverses parties servant à la combustion et au passage des gaz devaient présenter, par rapport à la surface de grille prise pour unité, des proportions peu différentes des suivantes :

Section du cendrier servant à l'arrivée de l'air froid		0,20
Surface de grille		1
Section	tubulaire	0,16
	de la cheminée	0,11

La chambre à feu doit avoir de grandes dimensions et la chambre à fumée doit avoir autant que possible des sections de plus en plus réduites depuis le faisceau tubulaire jusqu'à la cheminée. Notons aussi l'influence économique très-notable que donne une introduction d'air supplémentaire par les autels.

Surface de chauffe. — La chaleur est convenablement recueillie quand la surface de chauffe est égale à 25 ou 30 fois la surface de grille, et les gaz conservent dans la cheminée une température suffisante pour assurer un bon tirage; il s'agit toujours de chaudières à tirage naturel.

Volume d'eau. — Les proportions du volume d'eau et du volume de vapeur sont beaucoup plus difficiles à définir, et le volume d'eau en particulier peut varier dans les limites les plus étendues. Les appareils tubulaires sont à grand volume d'eau, et ce volume n'est point déterminé par des considérations de bon fonctionnement, il est imposé par les conditions mêmes de la construction.

Il présente l'avantage de tenir emmagasinée une assez grande quantité de chaleur, qui pare jusqu'à un certain point aux inégalités de la combustion, c'est-à-dire de la production du calorique; la pression s'y maintient donc facilement avec une grande fixité; par contre, la présence d'une grande masse d'eau a pour conséquence d'augmenter la durée de la mise en pression.

Volume de vapeur. — Le coffre à vapeur est destiné surtout à sécher la vapeur qui entraîne toujours de l'eau au moment de son dégagement. La vapeur doit donc y séjourner le temps nécessaire pour déposer cette eau avant de se rendre à la machine. Dans les appareils à haute pression et à grand volume d'eau que nous considérons, on admet qu'il faut que le volume de vapeur soit de dimensions suffisantes pour fournir à la consommation de la machine pendant 18 à 20 secondes. Le nombre de secondes peut être déterminé pour un appareil évaporatoire quelconque indépendamment de la machine qu'il doit alimenter. On connaît en effet la quantité de charbon brûlée dans une seconde, et on a par conséquent d'une manière suffisamment exacte le nombre de kilogrammes d'eau vaporisée dans le même temps. Connaissant le poids spécifique de la vapeur à la tension de régime à laquelle fonctionne la chaudière, on en déduit le volume du poids de vapeur produit dans une seconde, et en divisant le chiffre qui représente le volume de vapeur de la chaudière par ce dernier, on a en secondes le temps pendant lequel la vapeur séjourne dans la chaudière.

Le chiffre que nous venons d'indiquer n'a rien d'absolu; des chaudières à grand volume d'eau à moyenne pression sont dans de bonnes conditions quand il se réduit à 8 ou 9 secondes, et si on passe à des appareils conçus différemment on peut descendre bien au-dessous de ce chiffre. Mais pour cela il faut combiner la chaudière de telle manière que la vapeur se dégage sans difficulté, c'est-à-dire sans qu'elle ait à soulever par intervalles une certaine masse d'eau. On y arrive en faisant en sorte qu'elle se dégage toujours au même point, d'une manière continue, et en mettant la prise de vapeur loin de cette région où se fait l'ébulition.

De ces considérations on peut donc conclure qu'un grand volume de vapeur n'est pas toujours indispensable pour assurer la production d'une vapeur exempte d'humidité ; ce volume peut varier dans des limites assez étendues suivant la forme, la composition des appareils évaporatoires.

Nous trouvons dans l'étude sur les chaudières à vapeur, que vient de publier M. Délevaque, la confirmation de ces idées. Cet ingénieur a calculé pour un certain nombre d'appareils le rapport du volume de vapeur à la surface de grille, méthode de comparaison qui revient à celle que nous donnons ci-dessus, mais qui parle moins à l'esprit. Il trouve les résultats suivants :

DÉSIGNATION DE LA CHAUDIÈRE.		SURFACE de grille s.	VOLUME de vapeur ω.	$\frac{\omega}{s}$
Chaudière	cylindrique de la *Vienne*.	4^{m^2},20	11^{m^3},240	2,676 (1)
	Randolph et Elder de la *Ville de Paris*.	0 ,024	18 ,830	2,086 (2)
	à tubes verticaux	1 ,97	2 ,492	1,265 (3)
	de chaloupe.	0 ,4915	0 ,860	1,785 (4)
	tubulaire à courant de flamme direct.	1 ,26	4 ,556	3,616 (5)
	réglementaire de la marine — type haut. . . .	1 ,84	3 ,500	1,902 (6)
	réglementaire de la marine — type bas.	1 ,356	2 ,805	2,068 (7)
	Belleville de l'*Etendart*.	5 ,387	0 ,828	0,153 (8)

On voit que la chaudière (4), avec un volume de vapeur relativement faible, se trouve dans de bonnes conditions, tandis que les chaudières (2) et (7), beaucoup mieux partagées, priment quelquefois.

De ce tableau résulte cette autre conséquence que les chaudières tubulaires à grand volume d'eau, telles qu'elles sont construites actuellement, exigent de grands volumes de vapeur.

Nous ne parlerons que pour mémoire d'un moyen qui a été parfois proposé pour parer à l'insuffisance du volume de vapeur d'une chaudière. Il consiste à ajouter sur le tuyau de vapeur une sorte d'épurateur qui sépare la vapeur de l'eau entraînée soit par des changements brusques de direction, soit par un tournoiement du courant. Cet expédient, bon tout au plus pour remédier à un vice originel d'une chaudière mal construite, ne saurait être recommandé d'une manière générale, et dans tous les cas, avec les chaudières à grand volume d'eau, il est impuissant pour obvier aux ébullitions tumultueuses qui envoient dans le tuyau de vapeur des masses d'eau importantes.

Une chaudière bien faite ne doit pas avoir besoin de ces organes.

Durée. — Nous avons dit qu'une chaudière devait être d'une longue durée. La principale condition à remplir pour arriver à ce but c'est, indépendamment de l'emploi de matériaux de choix, de faire en sorte que les surfaces de chauffe soient toujours baignées par l'eau. Il faut de toute nécessité empêcher qu'il se forme de gros globules de vapeur dont l'écoulement se fait difficilement, qui demeurent au même endroit, se régénérant au fur et à mesure qu'une portion se dégage.

Dans les chaudières à grand volume d'eau de pareils accidents sont naturelle-

(1) Marche régulière. — (2) Prime parfois. — (3) Marche assez régulière. — (4) Marche régulière. — (5) Marche très-régulière. — (6) Marche très-régulière. — (7) Prime parfois. — (8) Marche irrégulière.

ment peu à craindre, et le constructeur n'a guère d'autre précaution à prendre que de réduire le plus possible le nombre et l'étendue des coutures dans les parties exposées à la flamme et surtout dans les foyers. La construction des foyers circulaires au moyen de viroles à rebords, telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui, est excellente à ce point de vue.

Mais il n'en est pas de même dans les chaudières à faible volume d'eau. Celles-ci sont composées d'une série de tubes de faible diamètre, chauffés par l'extérieur et assemblés de diverses manières. La vapeur qui est engendrée a parfois quelque peine à se dégager, et il faut faciliter son écoulement par tous les moyens possibles. Il ne suffit pas pour cela de faire arriver l'eau d'alimentation par l'une des extrémités des tubes, et de faire sortir la vapeur par l'autre extrémité; dans l'intervalle il peut se former des chambres de vapeur. Il nous paraît absolument indispensable d'établir dans les tubes un courant rapide, qui entraîne les globules de vapeur à mesure qu'ils se forment, de telle sorte que les surfaces restent constamment mouillées. Ce courant doit se faire naturellement et être une conséquence même de la mise en feu de la chaudière; il faut donc que l'eau qui a traversé le tube y soit ramenée par une voie différente et que le liquide parcourt un circuit bien déterminé. Pour nous, au moins dans l'état actuel de la mécanique, les appareils à faible volume d'eau doivent être des appareils à circulation.

Cette circulation a des avantages de plusieurs sortes : 1° comme nous l'avons dit, elle assure la durée de la chaudière en maintenant toutes les surfaces de chauffe dans un état continuel d'humidité et en s'opposant à la formation de chambres de vapeur en un point déterminé; 2° elle permet d'accroître à volonté la production de la chaudière par une augmentation dans l'énergie du tirage et dans la quantité de charbon brûlé sur la grille; 3° elle empêche dans une certaine mesure l'adhérence des dépôts terreux; 4° elle est de nature à diminuer les ébullitions tumultueuses et les entraînements d'eau; en effet, elle conduit dans la pratique à faire dégager la vapeur en un point déterminé de la chaudière, et il suffit, même avec un volume de vapeur restreint, de puiser la vapeur un peu loin de ce point, et après qu'elle a fait un parcours d'une certaine étendue dans le coffre à vapeur, pour se mettre à peu près sûrement à l'abri des projections d'eau.

Malheureusement l'exécution des chaudières, telles que nous venons de les définir en principe, présente des difficultés pratiques assez considérables. Il est extrêmement difficile d'assurer dans de bonnes conditions les nettoyages tant intérieurs qu'extérieurs et de constituer des corps un peu considérables, formant une unité d'une grande importance. Néanmoins ces difficultés ne sont pas insurmontables, et si on remarque que ce système de chaudières se prête mieux que tout autre à l'adoption du tirage forcé, aujourd'hui à l'ordre du jour, nous ne serons pas taxé d'exagération en exprimant l'avis qu'il est destiné à supplanter les autres.

Nous avons dit que le tirage forcé était l'objet d'études et de recherches nombreuses; nous nous y arrêterons un instant.

Il n'a pas seulement pour effet d'accroître la production des chaudières, il a aussi pour conséquence, dans les appareils convenablement disposés, d'augmenter *le rendement* du combustible. La combustion, c'est-à-dire la combinaison des éléments du charbon avec l'oxygène de l'air, se fait d'autant plus facilement que la température est plus élevée. Dans un foyer soufflé, où l'activité de la combustion développe une très-haute température, favorable à la combinaison des divers éléments, on peut n'envoyer qu'une quantité d'air peu différente de celle qui est théoriquement nécessaire; tandis que dans un foyer à combustion lente, on est conduit à exagérer cette quantité; Peclet l'estimait au double da n

les chaudières à tirage naturel; tout ce qui est en surcroît absorbe du calorique, qui s'échappe en pure perte dans la cheminée.

La chaudière de l'avenir est donc, pour nous, un appareil à tirage forcé, pré sentant un développement de surface de chauffe assez grand pour amener les gaz à une température de 200° environ, et complété par un réchauffeur d'eau d'alimentation qui recueille la majeure partie du calorique restant.

Nous ne pousserons pas plus loin ces considérations, et nous nous occuperons sans autre digression des générateurs en usage.

Nous avons vu dans l'introduction quelle est la disposition générale des chaudières marines; ce sont des appareils tubulaires, à retour de flamme, combinés et construits de manière à résister à la haute pression. L'enveloppe est généralement un cylindre à section droite circulaire; quelquefois elle prend la forme de deux demi-cylindres réunis par deux faces plates verticales. Les foyers sont circulaires, les boîtes à feu, entièrement entourées d'eau, sont consolidées par des entretoises; les boîtes à fumée sont rapportées sur les façades, en dehors de la chaudière proprement dite. Enfin chaque corps comprend 2, 3, 4 ou 6 foyers; dans ces deux derniers cas, les foyers sont opposés deux à deux, avec boîte à feu commune ou séparée.

L'Exposition ne nous a offert qu'un très-petit nombre de ces chaudières puissantes, dont le transport et l'installation sont aussi difficiles qu'onéreux. Nous avons trouvé dans l'annexe de cette classe les deux chaudières motrices de la machine du *Drac* pourvues de tous leurs accessoires, boîtes d'arrêt, soupapes de sûreté, régulateurs d'alimentation, tubes de niveau d'eau, robinets d'extraction, robinets jauges, boîtes à fumée, cheminée, etc., etc., et l'un des quatre corps de chaudières du *Tonnant*, exposé par l'établissement d'Indret.

Ces deux appareils destinés l'un et l'autre à la marine nationale, nous paraissent exécutés d'après des plans analogues. Les corps sont à deux foyers avec consolidations au moyen de tirants. Nous nous bornerons donc à donner les plans de détail de l'un d'eux.

Chaudières du Tonnant. — La planche XIII représente le corps de chaudière exposé par l'usine d'Indret.

L'enveloppe cylindrique est constituée par trois rivures de tôles, réunies par trois rangs de rivets dans les coutures longitudinales et deux rangs dans les coutures transversales.

Les deux foyers, formés chacun de deux viroles assemblées à rebords, présentent un très-grand diamètre favorable à la bonne combustion de la houille; les plaques tubulaires sont réunies par un certain nombre de tubes épais de 5 m/m soigneusement rivés et bagués. Les autres tubes sont également rivés et bagués.

Les façades avant et arrière sont consolidées dans le coffre à vapeur par des armatures verticales en cornières et contreventées par des tirants avec écrous extérieurs. Dans les fonds, ces façades sont reliées à l'enveloppe par des goussets en tôle. Tout cet ensemble présente un aspect de solidité rassurant.

Nous avons donné, page 221, les éléments de cette chaudière. Les échantillons sont contenus dans le tableau ci-après :

Tôles.	Enveloppe cylindrique	0m.022
	Faces verticales	0 ,016
	Plaques à tubes	0 ,020
	Foyers	0 ,014
	Boîtes à feu	0 ,016
	Goussets	0 ,016
Cornières.	Jonction de l'enveloppe cylindrique avec les faces verticales	120/120

Cornières.	Jonction des foyers avec la façade	80/100
	Des boîtes à feu	80/100
	Armatures des façades	120/100
	Des goussets	80/100
Entretoises des boîtes à feu.	Diamètre extérieur	0m,050
	Écartement horizontal	0 ,350
	— vertical	0 ,340

Chaudière de 120 *chevaux.* — Nous croyons intéressant de placer sous les yeux de nos lecteurs, en regard de la chaudière du *Tonnant*, le plan d'un appareil présentant une série de dispositions de détail différentes. Cet appareil, qui ne figurait pas à l'Exposition, est en deux corps, dont l'un est représenté pl. XII.

La forme générale est la même : deux foyers cylindriques par corps, boîte à feu intérieure, tubes en retour. Les foyers sont formés de deux viroles à rebords s'étendant sur les trois quarts environ de la circonférence ; le reste du cylindre qui constitue le bas du cendrier, est fait d'une tôle longitudinale s'étendant sur toute la longueur du foyer. Le pourtour et le fond des boîtes sont consolidés par une série d'entretoises, distantes de 0m,180, et le ciel par des cornières. Il n'y a pas de tubes tirants entre les plaques tubulaires, mais des tirants en fer avec écrou à l'intérieur et à l'extérieur. Les façades sont contreventées par une rangée de boulons, dont les écrous s'appuient sur une plaque de renfort et par une série de goussets placés en éventail.

Enfin chaque corps est surmonté d'un coffre à vapeur cylindrique.

Surface	de grille	1m²,30
	de chauffe	42 ,16
Volume	d'eau	3m³,39
	de vapeur	3 ,22
Poids total sans eau		9k,000
Charge des soupapes		5k, par 100

Chaudière à tubes de M. Joessel. — Le Ministère de la marine a exposé une chaudière construite sur les plans de M. Joessel, présentant des dispositions toutes particulières et caractérisée par ce fait que l'eau est à l'intérieur des tubes.

Elle est formée d'un faisceau tubulaire A (pl. XIV) débouchant dans deux lames d'eau inclinées *a* et *b*. Ces deux lames d'eau sont surmontées d'un corps cylindrique C avec lequel elles communiquent librement. Le foyer, placé sous le faisceau tubulaire, est circonscrit par des lames d'eau qui enveloppent aussi latéralement les tubes. Les gaz chauds sont donc à l'extérieur des tubes, ils s'échappent au travers du corps cylindrique C par un conduit de fumée D. Les lames d'eau sont fortement entretoisées. Le nettoyage intérieur des tubes se fait par des portes autoclaves, ménagées en face de chaque tube dans les tôles extérieures des lames d'eau. Pour assurer les nettoyages extérieurs, on a remplacé les entretoises de la lame d'eau avant par des tubes formant eux-mêmes entretoises et permettant d'introduire entre les tubes des brosses et des râcloirs. Cette chaudière est à circulation, comme on peut s'en rendre compte immédiatement. L'eau contenue dans les tubes s'échauffe et se vaporise en partie ; par suite de l'inclinaison du faisceau tubulaire, elle se rend dans la lame d'eau avant et de là dans le coffre ; une fois débarrassée de sa vapeur elle redescend par la lame d'eau arrière et revient dans les tubes.

Nous ignorons les résultats qu'ont donnés les appareils de ce système qui, croyons nous, ont été mis en essai sur un des navires de la flotte, et ont été adoptés par quelques armateurs.

Les éléments de la chaudière exposée sont les suivants :

Dimensions principales.

		Pour 2 corps.
Surface de grille		4mq,40
Surface de chauffe	directe	23 ,90
	tubulaire	94 ,00
	totale	117 ,90
Rapport à la surface de grille		26 ,7
Section des tubes		0 ,827
Volume	d'eau	13mc,215
	de vapeur	7 ,485
Tubes.	Nombre	136
	Diamètre intérieur	0m,088
	— extérieur	0 ,095

Échantillon des matériaux.

Enveloppe.	Corps cylindrique	0m,022
	Façades	0 ,015
Foyer.	Tôles à rebords	0 ,012
	Cendrier	0 ,014
Boîte à feu.	Plaques tubulaires	0 ,018
	Contour supérieur	0 ,017
	Fond	0 ,914
Coffre à vapeur.	Enveloppe cylindrique	0 ,011
	Fonds	0 ,013

Chaudière Belleville. — M. Belleville a exposé un type d'appareil marin de la force de 60 chevaux.

Aucun de nos lecteurs n'ignore que les chaudières de M. Belleville sont des appareils à tubes, c'est-à-dire formés de faisceaux tubulaires avec eau à l'intérieur des tubes. Nous avons déjà dit que les chaudières à tubes arriveraient à supplanter les autres appareils, le jour où elles seraient devenues d'un fonctionnement absolument assuré; mais nous avons fait remarquer combien l'exécution d'un semblable appareil présente de difficultés. En effet, il est essentiel d'empêcher la formation de chambres de vapeur à l'intérieur des tubes, parce que ces chambres de vapeur diminuent d'autant la surface de chauffe effective et par suite la puissance de l'appareil, et que, en même temps, elles occasionnent des coups de feu qui se traduisent par des déformations et qui amènent une usure rapide des appareils. Il faut donc faire en sorte que les tubes soient constamment pleins d'eau, et pour cela il faut déterminer à l'intérieur un courant, une circulation rapide qui résulte du fonctionnement même de l'appareil. Ces difficultés sont extrêmement sérieuses quand on veut réaliser des chaudières purement tubulaires, et si on y joint celles qui résultent des irrégularités dans l'état de la vapeur ou dans la pression, des obstructions de tubes, des nettoyages tant intérieurs qu'extérieurs, de l'alimentation, etc., on voit qu'elles auraient maintes fois rebuté tout autre qu'un inventeur convaincu, dont la persévérance a puisé dans les insuccès eux-mêmes une nouvelle énergie. M. Belleville dit lui-même qu'il ne lui a pas fallu moins de 27 années de travail incessant pour les surmonter, comme il annonce qu'il est parvenu à le faire dans ses derniers appareils du modèle 1877.

Nous n'entrerons pas dans une description détaillée de ces chaudières, qu'on trouvera dans une autre partie de ces études; nous dirons seulement que les changements introduits par l'inventeur dans son dernier modèle : réunion en un faisceau des quatre tubes inférieurs de chaque élément, inclinaison des tubes, augmentation de leur diamètre, sont autant d'améliorations considérables de nature à rendre le fonctionnement de l'appareil mieux assuré. Suffisent-ils en

réalité, surtout avec les tendances du jour qui, comme nous l'avons dit, se portent vers une augmentation de la production de vapeur par l'emploi du tirage forcé? M. Belleville, s'appuyant sur les essais déjà prolongés des appareils qui fonctionnent journellement à l'Exposition, sur les résultats qu'il obtient avec les chaudières qui sont en service dans ses ateliers depuis une date encore plus reculée, estime qu'il peut répondre par l'affirmative. Ces résultats sont en effet très-remarquables et permettent d'espérer un succès dans les applications à la navigation. Les améliorations dont il vient d'être question ne sont pas les seules que M. Belleville ait apportées à ses derniers types. Il convient de signaler les suivantes, qui, sans être aussi essentielles, ne laissent pas que d'avoir une grande importance, soit au point de vue du fonctionnement proprement dit des appareils, soit au point de vue des facilités qu'elles donnent pour leur installation, leur conduite et leur entretien :

1° *Amovibilité des éléments doubles*, d'où résulte une très-grande facilité pour les réparations, les montages et les transports.

2° *Epuration de l'eau d'alimentation*, dont le carbonate et le sulfate de chaux sont précipités à l'état pulvérulent par le brusque échauffement de l'eau dans l'épurateur à une température supérieure à 150°. Ces dépôts pulvérulents ou boues sont recueillis dans un récipient déjecteur, d'où ils sont extraits chaque jour par un robinet spécial.

3° *Épuration de la vapeur*, qui est entièrement dépouillée d'eau par son passage dans l'épurateur.

4° *Régulation du niveau réel de l'eau d'après l'état de la vapeur.*— M. Belleville a reconnu que le niveau de l'eau devait varier suivant le degré d'activité de la combustion, et par suite d'après la production de vapeur. Au lieu de disposer les appareils réglant l'alimentation de manière à maintenir un niveau constant, il les a combinés de telle sorte que la vapeur débitée renferme une certaine proportion d'eau entraînée, toujours la même, quelle que soit la quantité de vapeur produite. (Rappelons que cette eau se trouve séparée de la vapeur au moyen de l'épurateur.) Si cette proportion augmente, le robinet d'alimentation se ferme en partie par un mouvement automatique ; il s'ouvre au contraire si la vapeur devient plus sèche. Grâce à cet artifice, l'inventeur a remédié à l'inconvénient grave que présentaient ses premiers appareils, de fournir parfois une vapeur beaucoup trop surchauffée.

5° *Régulation de la pression de la vapeur.* — Ce résultat est obtenu au moyen d'un ressort Belleville, soumis extérieurement à l'influence de la pression de la vapeur dans la chaudière et manœuvrant un registre dans la cheminée. — L'appareil est réglé de manière à réaliser l'ouverture ou la fermeture complète du registre dans les limites d'une variation de pression ne dépassant pas une atmosphère.

6° *Emploi d'une grille à barreaux ondulés.* — M. Belleville annonce que ce genre de grille, ne s'échauffant pas au delà d'une température modérée, présente les avantages suivants :

Suppression de la déformation des barreaux et augmentation de leur durée ;

Réduction dans la quantité des escarbilles ;

Facilité de décrassage et de nettoyage due à ce fait que les mâchefers ne sont pas adhérents ;

Possibilité de brûler le menu et les charbons maigres.

Enfin les avantages que M. Belleville fait valoir en faveur de l'emploi de ses générateurs à bord des navires consistent dans la sécurité, la mise en pression rapide et la facilité d'embarquement et d'installation.

L'appareil exposé, de la force de 60 chevaux nominaux, comporte :

1° Six éléments doubles d'une largeur de 2 mètres, composés chacun de 8 fourches ou 16 tubes de 100 $^m/_m$ de diamètre extérieur et de 5 $^m/_m$ d'épaisseur, ayant ensemble une surface de chauffe de $62^{mq},48$;

2° Un sécheur de vapeur composé de 11 tubes de $1^m,70$ de longueur, ayant même diamètre extérieur et même épaisseur que les précédents; leur surface de chauffe est de $6^{m2},12$.

Les données de l'appareil sont inscrites dans le tableau ci-dessous :

Surface	de grille	$6^{m2},12$
	de chauffe	68 ,60
Rapport de la surface de chauffe à la surface de grille		2 ,6
Surface	de grille par cheval nominal	$0^{m2},043$
	de chauffe par cheval nominal	1 ,14
	occupée sur le sol	4 ,31
	— — par m² de surface de chauffe	0 ,062
	— — — — de grille	0 ,67
Volume	du parallélipipède circonscrit au générateur	$13^{mc},97$
	par mètre carré de surface de chauffe	0 ,204
	— — — de grille	5 ,43
Poids	total (eau comprise)	$9,000^k$
	par mètre carré de surface de chauffe	130
	— — — de grille	3,490

Chaudière Délevaque. — M. Délevaque, ingénieur des constructions navales, a exposé une chaudière construite par M. Fontaine, de Lille, qui tout en pouvant servir de générateur d'atelier est également propre à la navigation.

Elle se compose de trois corps cylindriques parallèles et superposés, communiquant entre eux par de larges tubulures, (fig. 1, 2, 3 et 4, pl. XIV); le corps inférieur renferme le foyer, le corps intermédiaire la boîte à feu et le faisceau tubulaire ; le corps supérieur sert de coffre à vapeur. Cette chaudière se distingue par l'absence complète d'entretoises. Le foyer est un cylindre concentrique au corps inférieur, terminé par une calotte sphérique ; la boîte à feu est également constituée par des surfaces cylindriques et sphériques. Une aération supplémentaire a été ménagée au-dessus de l'autel ; à cet effet, l'inventeur a établi au-dessus de l'autel des bouts de tubes traversant la lame d'eau et amenant l'air dans la partie postérieure du foyer.

Les avantages que signale M. Délevaque sont les suivants :

La confection, facilitée par l'absence d'entretoises, est simple.

L'aération supplémentaire, placée de façon à n'être jamais paralysée, complète la combustion qui s'achève dans une boîte à feu de grande dimension.

Le coffre à vapeur est assez volumineux pour que les entraînements d'eau soient peu à craindre, la prise de vapeur peut se faire à plus de un mètre au-dessus du niveau de l'eau, et la surface d'évaporation est suffisamment étendue.

La masse d'eau assure une marche régulière.

Les surfaces de chauffe étendues donnent une grande puissance sous un faible volume.

La décomposition de l'appareil évaporatoire en plusieurs parties rend facile l'installation d'une chambre de chauffe, soit dans une usine, soit à bord d'un navire; cette décomposition est aussi d'un grand secours dans une refonte.

Les nettoyages sont assurés par des bouches de visite et des tubes démontables.

Dimensions principales.

Longueur		3m,20
Largeur		1 ,56
Hauteur		3 ,90
Surface	de grille	1m²,98
	de chauffe directe	9 ,44
	— tubulaire	46 ,18
	— totale	55 ,62
Rapport à la surface de grille		28
Volume	d'eau	2m³,89
	de vapeur	2 ,52
Charge des soupapes		6k par cent. carré.
Poids d'un élément		7,200

M. Délevaque estime qu'un élément, servant à alimenter une machine Compound à condensation par surface, peut développer sur les pistons une force de 160 chevaux de 75 kilogrammètres.

Section anglaise.

La section anglaise ne renfermait guère d'autres produits se rapportant spécialement aux chaudières marines que les foyers cylindriques en tôle ondulée de Fox, dont la figure 1, pl. XI, donne une vue perspective. Cette figure représente 3 foyers d'une chaudière marine assemblés sur la tôle de façade, et réunis d'autre part par leurs bords tombés. La figure 2 est une coupe du foyer montrant les sinuosités de la tôle.

Cette forme est de nature à augmenter d'une manière notable la résistance des foyers soumis aux efforts d'une pression extérieure. Les expériences faites dans les ateliers de la Compagnie des forges de Leeds montrent en effet qu'à ce point de vue ils présentent de sérieux avantages sur les foyers cylindriques formés d'une tôle plane. Il est à regretter que les expériences comparatives n'aient pas porté également sur des foyers formés de plusieurs viroles, assemblées au moyen de rebords en saillie comme ceux des foyers de la chaudière dont nous avons donné les plans (pl. XIII), et qui ont une raideur de beaucoup supérieure à celle de foyers dépourvus de ces rebords. Indépendamment de leur résistance à la compression, les foyers en tôle ondulée ont d'autres avantages que signalent les inventeurs : 1° ils présentent une surface de chauffe plus grande que les autres, qui augmente le rendement des appareils; ils citent l'exemple d'une chaudière munie de leurs foyers ayant vaporisé 8k,22 d'eau par kilogramme de charbon, tandis que d'autres chaudières du même établissement ne vaporisent que 7k,25.

2° L'épaisseur du métal qui, dans les foyers ordinaires, est en général de 14m/m,2 et atteint souvent 15m/m,8 en conformité de certaines règles, n'excède pas 9m/m,5 dans les foyers ondulés.

3° Ces foyers facilitent la circulation de l'eau à l'intérieur de la chaudière et, par leur tendance à égaliser la température entre le haut et le bas, augmentent la durée des appareils.

4° Ils ont une certaine élasticité qui prévient les fuites par les joints.

Les lecteurs désireux d'avoir des renseignements plus complets sur ces foyers peuvent consulter les numéros des 29 mars, 12 avril et 10 mai 1878, de l'*Engeenering;* ceux des 29 mars, 16 avril et 26 avril de l'*Engeener*, et le numéro du 30 mars de l'*Iron*, de 1878.

Section italienne.

M. Philippe de Lucca a exposé les dessins d'un appareil de 100 chevaux nominaux, formé de deux corps cylindriques, avec foyers intérieurs et tubes en retour. Cet appareil présente quelques dispositions intéressantes. La façade arrière de la chaudière est formée d'une calotte sphérique. Les foyers, au nombre de deux par corps, sont constitués par trois viroles cylindriques à rebords; la boîte à feu, dont la tôle arrière est de forme sphérique, concentrique à la façade arrière de la chaudière, est traversée verticalement par deux tubes bouilleurs, lesquels, tout en servant d'entretoises entre les tôles du fond et celles du ciel, contribuent à la circulation de l'eau. Une série d'entretoises relie la face arrière de la boîte à feu avec la tôle arrière de l'enveloppe. Les tubes en laiton présentent une légère inclinaison.

Notons enfin que l'appareil est muni d'un coffre à vapeur entouré par la cheminée.

Dimensions principales.

Nombre de corps		2
Diamètre intérieur d'un corps		2m,30
Longueur intérieure —		3 ,50
Nombre des foyers par corps		2
Diamètre des foyers		0m,800
Longueur —		2 ,30
Diamètre du coffre à vapeur		1 ,00
Longueur — —		4 ,480
Tubes en laiton.	Nombre par corps	131
	Diamètre intérieur	0m,070
	— extérieur	0 ,075
	Longueur	2 ,320
Bouilleurs des boîtes à feu.	Diamètre	0 ,260
	Hauteur	1 ,600
Surface	de grille	6mq,00
	de chauffe	164 ,00

Section belge.

Nous avons trouvé dans la section belge une chaudière à tubes, système Sinclair, présentant des dispositions analogues à celles que nous avons remarquées dans la chaudière Joëssel; les faisceaux tubulaires sont au nombre de deux superposés avec des inclinaisons inverses. Cette chaudière est disposée pour fonctionner à terre, mais l'inventeur dit qu'il peut l'approprier au service des navires, et à ce titre nous avons jugé utile de la mentionner.

GÉNÉRATEURS D'EMBARCATION

Il nous reste à nous occuper des générateurs de faible puissance, destinés à des bateaux de plaisance ou à des canots à vapeur.

Nous nous occuperons seulement de ceux qui, tout en pouvant recevoir des applications plus larges, semblent construits plus spécialement en vue de ce service.

Chaudière Penelle. — Cette chaudière, représentée pl. XI, fig.3, 4, 5, 6, 7 et 8, est un générateur tubulaire avec eau dans l'intérieur des tubes.

Elle se compose de deux plaques de tôle circulaires, parallèles, réunies à la

partie inférieure par 41 tubes en fer et à la partie supérieure par un réservoir cylindrique. Sur chaque plaque tête s'adapte, par une série de boulons ou de goujons en acier, une calotte sphérique consolidée sur son pourtour par une forte cornière. Le réservoir communique par des tubulures, avec deux coffres à vapeur qui portent les tuyaux de prise de vapeur et les soupapes de sûreté. Le foyer, placé au-dessous du faisceau tubulaire, est constitué par une enveloppe en tôle revêtue de briques réfractaires. Cette enveloppe, qui se prolonge latéralement entre les deux plaques tubulaires, est munie de portes pour le nettoyage de l'extérieur des tubes et aboutit à la cheminée. Tout l'ensemble est incliné sur l'horizon, afin que la circulation intérieure prenne un sens déterminé. L'eau s'élève jusqu'au tiers environ du réservoir. L'alimentation se fait par la lame d'eau la plus basse.

Dimensions principales.

Surface	de grille	$0^{mq},27$
	de chauffe	5 ,00
Valeur d'eau		160 lit.
Poids sans eau		1,050

La note, envoyée à l'Exposition par le port de Toulon, donne sur les essais de cet appareil quelques résultats intéressants.

La chaudière d'essai qui présentait une surface de chauffe de $6^{m2},28$ avait été installée sur un canot de $8^{m}85$, mu par une machine à pilon à un seul cylindre avec échappement dans la cheminée. Elle a fourni les résultats suivants :

Nombre de tours		337
Travail sur le piston		$22^{ch},83$
Charbon brûlé	par cheval	$3^{k},25$
	par heure	74 ,4
Eau consommée	par heure	467
	par kilogramme de charbon	$6^{k},28$

La Commission a constaté que la pression s'était toujours maintenue avec la plus grande fixité, et que la vapeur avait toujours été très-sèche.

Le rapport, mettant en regard les résultats obtenus avec les chaudières tubulaires ordinaires et les chaudières Belleville, dresse le tableau ci-après :

	CHAUDIÈRE tubulaire.	CHAUDIÈRE Belleville.	CHAUDIÈRE Penelle.
Poids des appareils par cheval indiqué. . .	$87^{k},3$	$59^{k},6$	$69^{k},4$
Travail obtenu par mètre carré de grille. .	73^{ch}	$42^{ch},4$	$84^{ch},6$
Charbon consommé par cheval.	$3^{k},4$	$3^{k},4$	$3^{k},25$

La chaudière Penelle est donc légèrement plus pesante que la chaudière Belleville, et cet excès de poids doit être attribué à l'existence d'un plus grand volume d'eau. La deuxième ligne met en évidence l'activité de la combustion et de la vaporisation. Cependant il ne s'est pas produit de projection d'eau. Ces faits remarquables tiennent sans doute à la circulation de l'eau, due à l'inclinaison des tubes et aux bonnes proportions des diverses parties de l'appareil. L'encombrement n'est pas supérieur à celui de la chaudière Belleville, malgré son

excès de puissance, et il est notablement moindre que celui de la chaudière tubulaire.

La Commission a également procédé à un essai de mise en pression, et elle a constaté que la chaudière étant froide donne une pression de 1 atmosphère en 25 minutes, et de 5 atmosphères en 37 minutes sans qu'on fasse usage d'un souffleur.

Nous savons que la chaudière Penelle a reçu depuis trois ans de nombreuses applications sur les canots à vapeur de la marine nationale. Elle est construite par MM. Mourraille et Cie de Toulon.

Chaudière Collet. — La chaudière Collet, construite par M. Girard, est représentée en coupe (fig. 5, pl. XIV). Un coffre à vapeur porte une série de tubes légèrement inclinés sur la verticale et disposés suivant deux lignes parallèles. De chacun de ces tubes et perpendiculairement à leur direction partent quatre tubes bouilleurs. L'eau s'élève jusqu'au tiers environ du corps cylindrique, les tubes et les pis sont renfermés dans une enveloppe en tôle et matières réfractaires. La grille est placée au-dessous des bouilleurs et la flamme s'échappe par une cheminée disposée immédiatement au-dessus.

Pour assurer la circulation de l'eau à l'intérieur des tubes, l'inventeur a adopté les dispositions suivantes, indiquées en détail dans la figure 6. Les tubes verticaux sont partagés en deux par une cloison médiane, constituée par un fer en U. De cette cloison partent des tubes en cuivre rouge qui s'étendent presque jusqu'au fond des tubes bouilleurs, et sont percés à leur extrémité d'une série de fentes largement ouvertes.

Un boulon central, prenant son point d'appui sur le fer en U de la cloison médiane, maintient la plaque de fermeture du bouilleur auquel il sert en même temps d'entretoises.

Ce boulon tient aussi la petite tape de fermeture des tubes intérieurs.

La chaudière Collet est donc un générateur à circulation. L'eau arrive dans les bouilleurs par les tubes intérieurs et s'échappe à l'extérieur. Nous ignorons s'il a été fait des expériences sur ce genre d'appareils.

Chaudière du Temple. — A côté de la chaudière précédente, nous avons vu une série de chaudières du système du Temple. Ce sont encore des appareils à circulation, dont la forme générale est donnée dans les figures 7 et 8 de la planche XIV.

Un corps cylindrique A communique avec un collecteur C d'une part par deux tubes verticaux B, et d'autre part par une série de petits tuyaux en serpentin T ; le foyer se trouve placé au-dessous de ces petits tuyaux qui se trouvent renfermés dans une enveloppe en tôle surmontée de la cheminée E. Le corps A, le collecteur C et les tuyaux B sont en dehors de l'enveloppe. L'eau remplit toute la partie inférieure de l'appareil et s'élève dans le corps A qui porte les tubes de niveau d'eau. L'alimentation se fait en C et la prise de vapeur ainsi que les soupapes de sûreté sont établies sur un coffre D.

Le fonctionnement de l'appareil n'a pas besoin d'être expliqué.

La particularité dominante de la chaudière du Temple réside dans son faible volume d'eau et son extrême légèreté.

Mais ces avantages précieux ne sont-ils pas achetés au prix d'inconvénients graves ? Il semble que l'eau vaporisée au bas des serpentins, sous l'influence directe du rayonnement du foyer, doit éprouver des difficultés pour accomplir un long parcours dans un tube filiforme et arriver dans le réservoir A, et il est à craindre que ces petits tuyaux ne soient sujets à de fréquentes avaries.

Nous avons vu à l'Exposition une chaudière de 15 chevaux qui avait été sou-

mise à des essais dans l'arsenal de Cherbourg, mais nous n'avons pas eu connaissance des résultats obtenus.

Bouilleur à circulation de vapeur. — L'étude des machines modernes à condenseurs tubulaires nous a montré que l'eau des chaudières se chargeait d'impuretés, provenant des matières employées à lubrifaction des organes ou de celles qu'on introduit dans les appareils pour neutraliser les premières. Même avec les appareils de purification très-perfectionnés de MM. Hétet et Risbek (1), on n'obtient pas une eau exempte de matières étrangères. Cette conséquence de l'emploi des condenseurs tubulaires empêche de fabriquer l'eau douce nécessaire pour le service du bord, dans les traversées un peu longues, par la distillation de l'eau des chaudières motrices.

Sur la plupart des navires, on a tourné la difficulté en ajoutant simplement une chaudière distillatoire spéciale utilisée dans certains cas, pour fournir de la vapeur aux treuils et aux autres engins mécaniques auxiliaires.

Sur les bâtiments qui accomplissent de longues traversées avec escales de courte durée, comme les paquebots ou certains transports de la marine de guerre, la chaudière auxiliaire doit rester allumée une grande partie du temps pour fournir à la consommation de l'eau ; c'est un foyer de plus à entretenir, une chaudière de plus à surveiller.

C'est en vue de parer à ces inconvénients que M. Cousin a construit le bouilleur à circulation de vapeur qu'il expose. Il constitue une véritable chaudière qui est chauffée, non plus au moyen de charbon, mais au moyen de vapeur puisée aux chaudières motrices. La partie inférieure renferme une série de tubes verticaux rivés sur deux plaques de tête ; elle est surmontée d'un corps cylindrique volumineux. L'eau à vaporiser est contenue dans les tubes et s'élève jusqu'à une certaine hauteur dans le corps cylindrique, la vapeur chauffante circule autour des tubes. L'appareil est pourvu des accessoires suivants : tubes de niveau d'eau, robinets d'arrivée de la vapeur, robinet d'évacuation de l'eau condensée, robinets de prise de vapeur, d'alimentation, d'extraction et de vidange.

Le fonctionnement de ce bouilleur se comprend facilement : Le plein étant fait à l'eau de mer jusqu'à la hauteur voulue, on fait arriver la vapeur des grandes chaudières, qui par sa condensation fait vaporiser l'eau du bouilleur ; la vapeur ainsi produite est envoyée dans le réfrigérant destiné à la condenser. Lorsque la quantité d'eau restante commence à devenir trop chargée de sels, on arrête l'opération, on en extrait une partie, et on fait de nouveau le plein avec de l'eau fraîche.

Comme on le voit, cet appareil est très-utile pour les navires qui font de longues traversées ; ceux au contraire qui sont appelés à stationner dans les rades semblent avoir plus d'avantages à employer une petite chaudière auxiliaire.

L'appareil de M. Cousin fonctionne, nous a-t-on dit, sur plusieurs navires de la marine militaire et à l'entière satisfaction du personnel.

Conclusion. — De cette visite rapide au travers de l'Exposition que devons-nous conclure ?

Nous voyons que les chaudières les plus usitées sont celles à corps cylindrique avec foyers cylindriques antérieurs et tubes en retour. Elles dérivent des types qui les ont précédées, chaudières à tombeau d'abord, puis chaudières tubulaires ; les premières formées de surfaces planes, fonctionnant à une pression à peine supérieure à la pression atmosphérique, ont dû, dès que la pression

(1) Voir *Annales du Génie civil*, Traitement des eaux grasses ; janvier et février 1879, p. 42 et 129.

de régime a été accrue, faire place aux chaudières tubulaires à enveloppe cubiques, consolidées par des entretoises. Celles-ci à leur tour ont subi des modifications pour résister efficacement aux pressions de 4 et 5 kilogr., mais le principe reste toujours le même, et tout en constatant certaines améliorations dans les proportions ayant pour objet de mieux utiliser la chaleur, on peut dire qu'aucun changement capital n'a été fait dans les appareils.

Ce qui ressort du compte-rendu qui précède, c'est la tendance des constructeurs à quitter le sentier battu, en imaginant des chaudières basées sur des principes différents et affectant des formes nouvelles. Presque toutes sont du genre à circulation, et présentent des dispositions plus ou moins heureuses et satisfaisantes au point de vue de la résistance, de la durée, de la puissance et du rendement. Il est probable qu'un très-petit nombre d'entre elles resteront, mais elles marquent un pas en avant dans la voie de l'innovation, nous ajouterons du progrès.

QUATRIÈME PARTIE

MACHINES D'EMBARCATION

Les moteurs d'embarcation étaient largement représentés tant dans la section française que dans les sections étrangères. Nous les passerons rapidement en revue tout en cherchant à signaler les particularités intéressantes de chacun d'eux.

Section française.

Nous trouvons d'abord la machine d'embarcation exposée par M. Bourdon.

Machine de canot de M. Bourdon. — C'est un appareil à pilon, à un seul cylindre, dans lequel le constructeur paraît s'être attaché principalement à diminuer les frottements; il a remplacé les glissières ordinaires de la tige du piston par un parallélogramme articulé; il a adopté le tiroir Cuvillier, qui présente la particularité de n'être pas enveloppé d'une boîte à tiroir; il est appuyé sur la plaque flottante du cylindre par un cadre muni de galets. Ce tiroir est conduit par une coulisse actionnée par deux excentriques.

Nous n'oserions affirmer que ces dispositions soient avantageuses; il nous semble qu'une machine à un seul cylindre, sans condensation, c'est-à-dire dépourvue des organes qui peuvent la rendre économique, doit avant tout remplir la condition d'être rustique; il est à craindre qu'en service courant, lorsque la machine sera confiée à des mains peu expérimentées, le parallélogramme ne soit mal réglé et n'occasionne des pertes de force plus grandes que celles qui résulteraient de simples glissières.

Dimensions principales.

Diamètre du cylindre.	0m,200
Course du piston..	0 ,220
Nombre de tours..	200

Machines de torpilleurs. — MM. Claparède et Cie, la Société nouvelle des forges et chantiers donnent les plans des appareils moteurs de bateaux-torpilles.

Les machines sont à pilon, du système Compound, à trois cylindres, avec condenseur à surface et fonctionnent à la pression des locomotives. Elles sont caractérisées par une légèreté extrême, les cylindres sont portés par de simples colonnes; le condenseur, entièrement séparé de la machine, est renfermé dans une enveloppe en cuivre rouge et reçoit l'eau de circulation d'une petite turbine; la pompe à air est conduite par la machine ainsi que les pompes alimentaires.

La chaudière est du type locomotive; le tirage qui doit être très-énergique est obtenu de la manière suivante, appliquée pour la première fois par M. Thornycroft. Tout l'appareil moteur, machine et chaudière, est renfermé dans une chambre hermétiquement close dans laquelle un ventilateur à force centrifuge insuffle de l'air.

Cet air sous pression pénètre dans le cendrier et s'échappe par la cheminée.

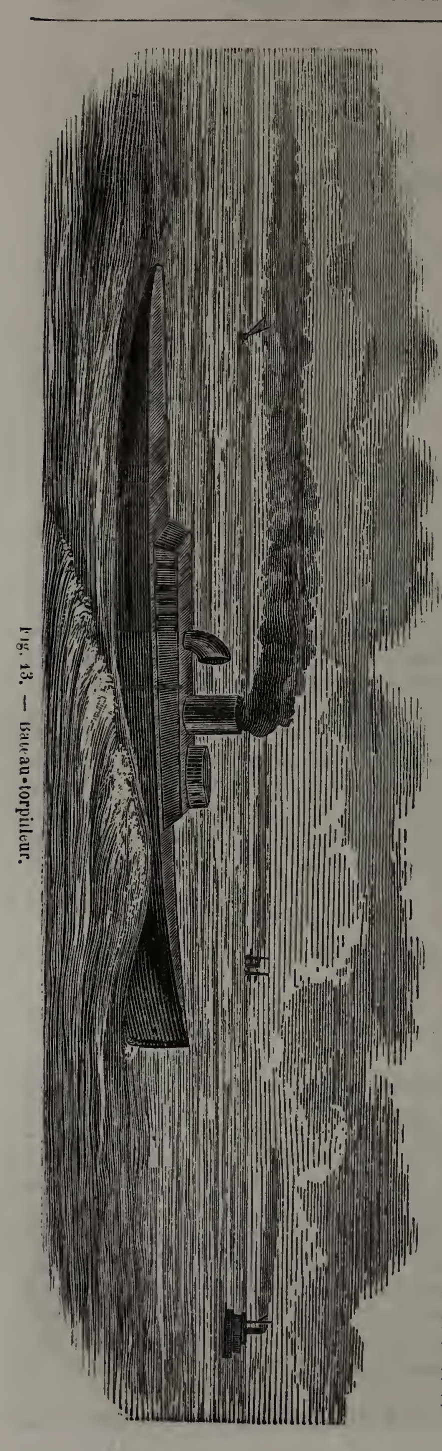


Fig. 13. — Bateau-torpilleur.

L'activité du tirage dépend de la pression intérieure, laquelle étant fonction du nombre de tours du ventilateur, peut être réglée avec précision.

Ces appareils, qui, croyons-nous, ne pèsent pas plus de 35 kilog. par cheval tout compris, seraient sans nul doute incapables d'un service continu de longue durée. Mais tel n'est pas le but des bateaux-torpilleurs qu'ils servent à mouvoir.

Véritables chevaux de course destinés à fondre sur un ennemi (fig. 13), et à lui porter le coup mortel sans lui laisser le temps de se défendre, ces bateaux n'ont à fournir à toute vitesse qu'une carrière restreinte, d'une durée bien inférieure à celle que peuvent supporter leurs appareils moteurs.

Appareil moteur de la Marguerite. — Le petit canot la *Marguerite*, appartenant à MM. L. Corpet et Bourdon, est mu par une machine Compound à deux cylindres actionnant deux hélices, chaque cylindre étant attelé sur un des arbres moteurs. Nous avons déjà signalé un système de machine analogue, appliqué par M. Rankine sur l'*Otter*. Mais l'appareil de la *Marguerite* présente des dispositions un peu différentes. Les deux arbres ne sont pas indépendants comme dans la machine de l'*Otter*, ils sont reliés par un balancier bielle, qui fait décrire aux deux machines le même nombre de révolutions et donner aux deux pistons le même nombre de coups par minute. Le balancier, disposé transversalement au bateau sur l'avant de la machine, peut osciller autour d'un axe horizontal; cet axe est compris entre des coulisseaux susceptibles de se déplacer le long d'une glissière. L'une des extrémités du balancier est reliée à un bouton excentré porté par l'un des arbres, l'autre extrémité est munie d'un tourillon qui peut glisser dans une rainure ménagée dans un plateau claveté sur le deuxième arbre. La position relative du bouton excentré et du plateau est telle que les arbres ont leurs manivelles à 90°; le condenseur est à injection.

Le train des pompes à air et des pompes alimentaires est conduit par une petite machine auxiliaire.

La distribution se fait par le procédé très-ingénieux, mais compliqué de M. Brown de Winterthur, qui permet de faire varier les introductions sans que l'avance soit sensiblement modifiée.

La chaudière est cylindrique avec tubes en retour et coffre à vapeur placé à la base de la cheminée.

Dimensions principales.

Puissance indiquée		50^{ch}
Diamètre du cylindre	à haute pression	$0^m,170$
	à basse pression	0 ,310
Course des deux pistons		0 ,270
Nombre de tours		192
Surface de chauffe de la chaudière		60^{m2}
Timbre de la chaudière		$6^k,50$

Machine du Paul-Boyton. — M. Oriolle, de Nantes, a exposé le petit yacht qu'il a construit pour le capitaine Paul Boyton, inventeur des appareils de sauvetage bien connus. Ce bateau présente un certain nombre de détails intéressants, mais nous ne nous occuperons ici que de l'appareil moteur.

La machine est à pilon à deux cylindres du système Compound et à condensation par surface. Les cylindres n'ont pas d'enveloppe de vapeur. Les tiroirs, à coquille, sont conduits chacun par deux excentriques réunis par une coulisse.

Les cylindres sont portés par quatre colonnes consolidées par des entretoises et des tirants obliques.

Le condenseur, entièrement séparé de la machine, est formé d'une enveloppe cylindrique en tôle avec tubes simplement mandrinés dans les plaques de tête. La circulation est extérieure. Une pompe unique à double effet, conduite par un doigt fixé sur le coulisseau du grand piston, fait fonction de pompe à eau froide par la partie supérieure et de pompe à air par la partie inférieure. La pompe alimentaire et la pompe de cale sont conduites de la même manière par le coulisseau du petit piston.

Dimensions principales.

Puissance indiquée		90^{ch}
Diamètre	du petit cylindre	$0^m,220$
	du grand cylindre	0 ,380
Course des pistons		0 ,200
Nombre de tours		250

La chaudière est un générateur à tubes d'un type tout spécial. Elle est constituée par un faisceau tubulaire aboutissant dans deux lames d'eau formant les façades avant et arrière. L'eau est dans les tubes, mais elle ne s'élève que jusqu'à une certaine hauteur ; toute la partie supérieure du faisceau étant destinée à former secteur. Les tubes présentent une légère inclinaison. Le foyer est au-dessous des tubes, il est compris dans une enveloppe garnie de briques qui s'élève sur les côtés jusqu'à la partie supérieure du faisceau tubulaire. L'alimentation se fait par la lame d'eau la plus basse. Enfin la vapeur est séparée de l'eau entraînée dans un épurateur de forme particulière avant d'être envoyée à la machine.

Le nettoyage intérieur des tubes se fait par des trous de visite ménagés dans la tôle extérieure des lames d'eau, et fermés par des autoclaves; le nettoyage extérieur est assuré par des portes latérales ménagées dans les enveloppes des

côtés et par un certain nombre d'entretoises creuses placées aux endroits convenables dans les lames d'eau, suivant une disposition que nous avons déjà remarquée dans la chaudière de M. Joessel.

Cette chaudière n'est pas un appareil à circulation. Sans aucun doute la vapeur formée dans les tubes du bas, peut se rendre facilement dans la lame d'eau supérieure, mais l'eau n'a pas de parcours déterminé, et il nous semble que la vapeur renfermée dans les tubes du haut doit en général rester à l'état stagnant et occasionner par sa surchauffe des avaries plus ou moins graves dans cette partie du générateur.

Machine de l'Hermine (construite par la Société de construction navale du Havre). — Machine Compound à deux cylindres à condensation par surface.

Chaudière cylindre à un foyer et tubes en retour.

Dimensions principales.

Puissance indiquée		55ch
Diamètre	du petit cylindre	0m,280
	du grand cylindre	0 ,480
Course commune		0 ,400
Nombre de tours		190
Surface de condensation		24mq
Diamètre de la pompe à air		0m,240
Course — —		0 ,228
Diamètre de la pompe à eau froide		0 ,160
Course — —		0 ,207
Diamètre de la pompe alimentaire		0 ,036
Course — —		0 ,142
Diamètre de la chaudière		1 ,05
Longueur —		2 ,55
Diamètre du foyer		0 ,84
Longueur —		1 ,80
Surface	de grille	1mq,50
	de chauffe	42 ,00
Timbre		5k

Le petit yacht l'*Hermine* sur lequel cette machine est installée a réalisé, nous a-t-on dit, une vitesse très-remarquable : 12m,8 avec une consommation de 1 kil. par cheval et par heure, soit 140 kil. par heure.

Appareil de la Lutèce. — La *Lutèce*, appartenant à MM. Fleuret et Pinet, ne se distingue pas seulement des autres embarcations de plaisance par les formes de sa carène, imitées de celles des yoles de course, mais encore par son appareil moteur.

La machine motrice est du système Brotherood, à trois cylindres à simple effet du type bien connu. L'hélice est du type Fleuret et Pinet, exposé par les inventeurs.

Nous ne saurions approuver l'adoption d'une machine Brotherood dans les embarcations; ces appareils, qui rendent de très-grands services dans certains cas, ont l'inconvénient de dépenser une grande quantité de vapeur ; ils exigent des chaudières beaucoup plus puissantes et par conséquent plus pesantes que les machines ordinaires. Ils peuvent être utilement employés pour actionner, dans des circonstances exceptionnelles, des appareils faisant un grand nombre de tours quand on a en outre une quantité de vapeur surabondante. Mais ce n'est pas le cas pour les canots à vapeur. Il était inutile d'y recourir pour la *Lutèce*, dont l'hélice ne fait pas plus de 280 révolutions par minute, chiffre

bien au-dessous des limites les plus ordinaires adoptées dans toutes les embarcations.

Nous ne pensons pas non plus que l'hélice soit entièrement satisfaisante, et nous croyons que la vitesse déjà fort belle, réalisée par la *Lutèce*, serait dépassée par un appareil moteur meilleur.

La chaudière est un corps cylindrique avec foyer intérieur et tubes en retour. Elle nous semble un peu lourde relativement à la force.

Canot de M. Durenne. — Le petit canot de plaisance exposé par M. Durenne n'est pas seulement une jolie embarcation douée d'une belle vitesse, il présente en outre, dans son appareil moteur, des dispositions nouvelles et intéressantes.

La machine est à deux cylindres, du système Compound, et à condensation par injection.

Les cylindres sont portés d'un côté par deux bâtis, dont l'un sert de conduit d'évacuation du grand cylindre au condenseur et l'autre de réservoir air pour la bâche, et de l'autre côté par trois colonnes.

Les cylindres sont à double enveloppe avec circulation de vapeur vierge pour remédier aux condensations intérieures. Ils ont été calculés en vue d'égaliser autant que possible le travail développé dans chacun d'eux. Les tiroirs sont conduits par deux excentriques reliés par une coulisse de changement de marche. Les coulisses commandées par un volant de manœuvre servent à faire varier la durée de l'introduction.

La chaudière en tôle d'acier doux affecte la forme de deux cylindres à axes parallèles avec pénétration l'un dans l'autre Le foyer cylindrique est placé dans le corps inférieur, avec tubes en laiton dans le prolongement aboutissant à la chambre à feu; une deuxième série de tubes ramène les gaz chauds sur la façade avant dans une boîte à fumée rapportée.

Le niveau de l'eau s'élève d'une petite quantité dans le corps supérieur.

Les dispositions donnent à l'appareil une grande surface de chauffe avec des dimensions restreintes et un poids très-faible.

L'alimentation est assurée par une pompe puisant l'eau à la bâche et par un injecteur.

Le tirage est activé par un jet de vapeur dans la cheminée.

L'hélice est en bronze à quatre ailes déployées; elle est placée sur l'arrière du gouvernail.

Machine.

Nombre de cylindres		2
Diamètre	du petit cylindre	0m,180
	du grand cylindre	0 ,320
Course commune		0 ,220
Introduction	dans le petit cylindre	0 ,60
	dans le grand cylindre	0 ,70
Nombre de tours		220

Chaudière.

Longueur totale		1m,80
Diamètre du corps	inférieur	0 ,800
	supérieur	0 ,550
Longueur	du foyer	0 ,750
	des tubes du 1er faisceau	0 ,960
Nombre des tubes du 1er faisceau		51
Longueur des tubes du 2e faisceau		1m,65
Nombre — —		44

Surface	de grille	0mq,56
	de chauffe	22 ,00
Volume	d'eau	540 lit.
	de vapeur	300

Hélice.

Diamètre	1m,10
Pas	1 ,65
Fraction de pas	0 ,25

Poids.

Poids	de la machine	1,270k
	de la chaudière	1,256

Les essais du canot de M. Durenne ont été très-satisfaisants, non-seulement au point de vue du fonctionnement de l'appareil moteur, mais encore à celui de la vitesse réalisée qui, croyons-nous, a dépassé 10 nœuds.

Canot construit par M. Bouron. — La Société des chantiers et ateliers de la Seine à Argenteuil a envoyé à l'Exposition un petit canot (fig. 14) de 8m,50 de longueur, 1m,50 de largeur, dont l'appareil moteur mérite d'être signalé.

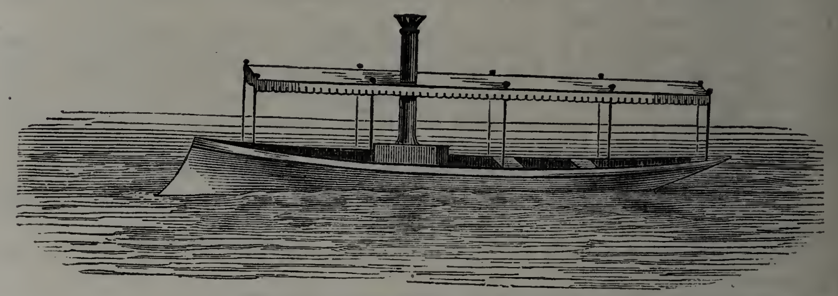


Fig. 14. — Canot exposé par M. Bouron.

La machine du système Compound à cylindres horizontaux et à condensation.

La chaudière, qui est tubulaire avec eau à l'intérieur des tubes, est construite pour être chauffée par des hydrocarbures; elle présente une surface de chauffe de 3 mètres carrés et fonctionne à la pression de 6 atmosphères.

La substitution des huiles lourdes au charbon et les dispositions prises pour leur emploi sont une tentative heureuse. En effet, si les combustibles liquides coûtent relativement plus cher que le charbon, ils offrent le précieux avantage de posséder à poids égal une puissance calorifique presque double; leur emploi supprime les inconvénients de malpropreté inhérents au chauffage par le charbon; enfin ils donnent toute facilité pour la conduite du feu qui n'exige plus que la manœuvre d'un robinet. A ces divers titres, le petit bateau construit par la Société de la Seine est donc très-intéressant.

Section suédoise.

M. Goëteborgs, à Gothembourg, a exposé une petite machine de 12 chevaux. Les deux cylindres, système Compound, ont un seul tiroir de distribution, disposition qui oblige à mettre les manivelles à 180°.

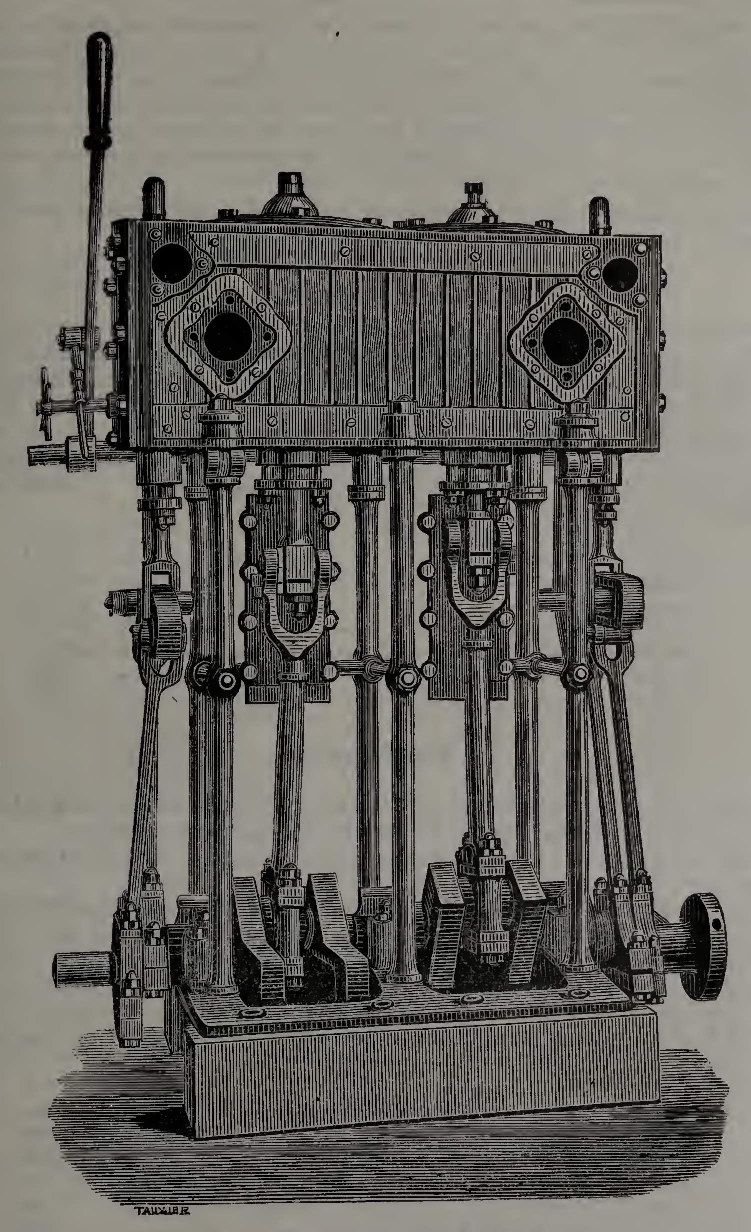


Fig. 15. — Machine de canot de M. Lewin.

Le tiroir est conduit par un seul excentrique par l'intermédiaire d'une coulisse disposée comme l'indique le diagramme théorique de la fig. 3 (pl. XV).

La tige A B du tiroir est articulée en B avec une coulisse C D, oscillant autour du point D sous l'action de l'excentrique.

Le point D peut se déplacer le long d'une glissière X, et lorsqu'on veut changer la marche de la machine, on l'amène en D_1, par exemple. Les diverses bielles prennent les positions relatives figurées en pointillé On voit que l'extrémité de la tige du tiroir en glissant le long de C B est venue se placer en B_1 ; le tiroir s'est donc déplacé par rapport aux orifices du cylindre d'une quantité B B_1, qui, par suite des proportions du système, équivaut à un changement de calage de l'excentrique.

Nous signalerons encore dans cette machine une disposition spéciale prise pour racheter l'usure des coulisseaux des tiges de piston.

Section anglaise.

M. Lewin, constructeur de yachts et de bateaux à vapeur à Londres, a envoyé, comme spécimen des jolies embarcations qui sortent de ses ateliers, un petit canot de 15^m,55 de longueur.

La machine, dont la forme générale est représentée dans la fig. 15, est à deux cylindres avec introduction directe dans chacun d'eux.

La chaudière du type des locomotives est à tirage naturel. L'exécution de l'appareil est très-soignée.

Nombre de cylindres	2
Diamètre	0^m,163
Course	0 ,170
Surface de grille	0^{mq},46
Nombre de tubes	100
Diamètre	0^m,038
Longueur	1 ,067

Section suisse.

Nous avons trouvé dans la section suisse une machine construite par MM. Escher, Wyss et Cie, de Zurich, et destinée au service des rivières et des lacs.

Elle est à pilon et comporte deux cylindres du système Compound avec enveloppes de vapeur.

Les tiroirs, à double orifice, sont conduits par des coulisses ; le petit cylindre est pourvu d'un tiroir de détente à course variable, actionné par une coulisse oscillant autour d'un point fixe sous l'action d'un excentrique.

La machine est pourvue d'un condenseur par mélange ; la pompe à air à simple effet, la pompe alimentaire et la pompe de cale sont verticales et reçoivent leur mouvement de balanciers. Le tuyautage permet de faire évacuer en cas de besoin à l'air libre la vapeur du grand cylindre.

Diamètre du petit cylindre	0^m,210
Diamètre du grand cylindre	0 ,360
Course commune	0 ,250
Diamètre de la pompe à air	0 ,260
Course — —	0 ,100
Diamètre de la pompe alimentaire	0 ,022
Course — —	0 ,268

Section russe.

Machine et chaudière de MM. Crichton et Cie. — La machine exposée par MM. Crichton et Cie est de la force de 20 chevaux de 75 kilogrammètres ; elle est

composée de deux cylindres à pilon avec introduction dans chacun d'eux et sans condensation.

Les tiroirs placés entre les deux cylindres sont conduits par des coulisses de changement de marche.

La pompe alimentaire et la pompe de cale reçoivent leur mouvement d'une petite traverse fixée au coulisseau du piston avant.

Deux autres petites pompes à main, portées par les cylindres, peuvent les suppléer en cas de besoin.

Diamètre des cylindres	0m,124
Course	0 ,152

La chaudière, à foyer intérieur et à retour de flamme, a une enveloppe formée de deux demi-cylindres réunis par des faces planes verticales.

Le foyer est cylindrique; la boîte à feu, intérieure à la chaudière, a les côtés et le fond consolidés par des entretoises et le ciel soutenu par des tirants.

Enfin un coffre à vapeur cylindrique est couché horizontalement sur le corps principal.

Dimensions principales.

Longueur		1m,00
Hauteur non compris le coffre		1 ,25
Largeur		0 ,75
Diamètre	du coffre à vapeur	0 ,450
	du foyer	0 ,550
Longueur du foyer		0 ,600
Tubes	Nombre	44
	Diamètre intérieur	0 ,048
	— extérieur	0 ,052
	Longueur	0 ,580
Surface	de grille	0mq,30
	de chauffe directe	1 ,10
	— tubulaire	3 ,84
	— totale	4 ,94
Volume	d'eau	400 lit.
	de vapeur	200
Pression		5 atm.

Machine de M. Fschebischef. — C'est une machine à un seul cylindre, dont la particularité intéressante réside dans la manière dont la tige de piston est guidée. La fig. 4 (pl. XV) donne le canevas géométrique de cette disposition. L'arbre E F porte une manivelle clavetée E D. Dans l'œil D de cette manivelle tourne la soie d'une double manivelle D B c, dont la branche B D = D E et dont la branche B c = 2 D E. La soie c tourne dans l'œil d'une traverse G H, double de la manivelle D E, et dont les extrémités sont assujetties, par l'intermédiaire des bielles o H et o G, à se mouvoir sur deux circonférences ayant pour centres o et o_1. La tige de piston A B s'articule en B sur la soie de la double manivelle. De cet ensemble il résulte que le point B décrit une ligne droite verticale A E. Considérons en effet la traverse dans une position quelconque G' H'. Le centre c' reste sur la ligne G H parallèle à $o\ o'_1$ et par conséquent perpendiculaire à A E. La manivelle c B vient en c' B', la manivelle B D en B' D' et la manivelle D E en D' E. Pour faire voir que B' est sur la ligne A E, il suffit de démontrer que l'angle B' E c' = 90° Or les trois lignes B' D', D' C', D' E étant égales, il en résulte que l'angle D' E c' = $\frac{1}{2}$ B' D' E et que l'angle B' E D' = $\frac{1}{2}$ E D' c'. Donc :

$$B'ED' + D'Ec' \text{ ou } B'Ec' = \frac{1}{2} ED'B' + ED'c') = 90^\circ.$$

On voit que la course du piston est égale à 4 fois la longueur de la manivelle.

De cette revue sommaire on peut conclure que la construction des machines d'embarcation a largement bénéficié des perfectionnements apportés aux grandes machines.

Aux anciennes machines à un seul cylindre avec échappement pour la cheminée, simples, rustiques, faciles à conduire, on tend à substituer des appareils Compound à condensation, plus délicats et plus compliqués. Les condenseurs sont tantôt à surface, tantôt à injection, suivant la destination des canots à un service de mer ou de rivière.

L'adoption de ces machines est une question d'économie de combustible sur les embarcations de remorque ; mais sur les canots de plaisance elle est surtout un moyen d'alléger les appareils, en permettant de supprimer l'approvisionnement d'eau douce et de recueillir le bénéfice considérable de puissance que procure la condensation.

Les chaudières sont également l'objet de recherches multipliées qui ont pour but, tout en réalisant des économies de poids, d'assurer leur durée.

La réduction de poids des appareils moteurs, dont nous avons signalé l'importance pour les navires, n'est pas moins essentielle pour les embarcations dont on veut obtenir de belles vitesses. Aussi, en présence du développement des arts mécaniques, qui donne toute facilité pour se procurer un personnel instruit et habile, n'hésite-t-on plus à l'acheter au prix de quelques complications de mécanisme.

CINQUIÈME PARTIE

APPAREILS AUXILIAIRES

Nous avons signalé, dans l'avant-propos de ces Études, l'extension considérable donnée aux moteurs auxiliaires à bord des navires. Indépendamment des appareils destinés à la manœuvre ou au service de la machine, tels que petits chevaux, mise en train, vireur, nous trouvons sur les grands paquebots et sur les navires de guerre :

1° Des *pompes à vapeur* distribuant les unes l'eau douce, les autres l'eau de mer, dans toutes les parties des bâtiments;

2° Des *treuils* pour la manutention des colis, la manœuvre des voiles et des remorques, utilisés également dans beaucoup de cas pour actionner le cabestan et les pompes d'asséchement des cales;

3° Des *pompes d'épuisement* très-puissantes enlevant 10 à 12 tonneaux d'eau par minute pour les cas de voie d'eau; ces pompes, généralement rotatives, reçoivent soit un moteur Brotherood, soit un moteur ordinaire;

4° Des *éjecteurs* de systèmes divers remplissant le même but;

5° Des *machines dynamo-électriques*, systèmes Gramme, Siemens ou autres, mûs le plus généralement par des machines Brotherood, servant à éclairer un fanal électrique pour les besoins de la navigation et sur les navires de guerre pour la garde du bâtiment;

6° Des *cabestans* ou *guindeaux* à vapeur, employés surtout sur les grands navires pour lesquels on ne peut plus se contenter de l'artifice signalé plus haut d'emprunter la force motrice à un treuil de vapeur;

7° Des *treuils* ou des *éjecteurs*, etc., pour enlever les escarbilles;

8° Des *servo-moteurs* pour la manœuvre du gouvernail.

Enfin sur les navires de guerre, des machines motrices, soit à vapeur, soit hydrauliques, pour le service de la grosse artillerie, et des machines toutes spéciales pour l'emploi des torpilles automobiles.

Un certain nombre de ces appareils auxiliaires ne sont pas particuliers à la marine, soit que les constructeurs adoptent des types déjà existants, en usage dans les diverses industries, soit qu'ils provoquent la création de types nouveaux qui reçoivent alors des applications plus étendues. Ainsi pour les diverses pompes à vapeur à mouvement direct, pour les pompes centrifuges, pour les treuils à vapeur, etc. Mais d'autres appareils, tels que les servo-moteurs, les monte-escarbilles, etc., sont construits spécialement en vue du service à bord. Bien que tous présentent un égal intérêt, nous ne nous occuperons que de ces derniers, qui seuls rentrent dans le cadre de notre travail. Du reste, le départ entre les deux catégories de moteurs auxiliaires s'est fait naturellement à l'Exposition; ceux qui ont le caractère d'un emploi général dépendaient de la classe 54, tandis que ceux qui sont spéciaux à la marine étaient placés dans la classe 67.

MM. Farcot, Stapfer de Duclos, Caillard frères, Varall, Elwel et Middleton avaient exposé des spécimens remarquables de ces derniers appareils.

Exposition de la maison Stapfer de Duclos.

La maison Stapfer de Duclos, de Marseille, concessionnaire avec la maison Farcot de l'exploitation des brevets des servo-moteurs Farcot et Duclos, a exposé :

Un servo-moteur pour gouvernail ;
Un servo-moteur pour treuil à escarbilles ;
Un servo-moteur pour mise en train de machine ;
Une pompe à action directe.

Servo-moteur pour gouvernail. — Le modèle envoyé à l'Exposition est celui adopté par la Compagnie générale transatlantique. Il se compose d'un tambour sur lequel s'enroulent les drosses ou filins, dont les extrémités sont fixées à la barre du gouvernail. Le tambour est actionné par une machine à deux cylindres inclinés, dont les manivelles sont conjuguées à angle droit et qui transmet son mouvement à l'arbre du tambour par l'intermédiaire d'un engrenage à vis sans fin.

Le tiroir de chacun des cylindres est calé à 90° de la manivelle correspondante ; il résulte de cette régulation que l'introduction, aussi bien que l'évacuation se faisant à pleine course, la machine part avec sûreté dans toutes les positions, et que le changement de marche peut s'opérer avec la plus grande facilité ; en effet, il n'y a plus à proprement parler de tuyau d'admission et de tuyau d'échappement attenant aux boîtes à tiroir, l'un et l'autre tuyau servant alternativement à l'arrivée de vapeur et à l'échappement suivant qu'on marche dans un sens ou dans l'autre, et il suffit d'un tiroir supplémentaire convenablement manœuvré pour envoyer la vapeur dans le tuyau qui convient, soit pour la marche en avant, soit pour la marche en arrière.

Les organes d'asservissement sont adaptés à ce tiroir ; ils sont représentés dans la fig. 1 de la planche XV. K est l'arbre du tambour, B la roue striée actionnée par la vis sans fin A, clavetée sur l'arbre de la machine motrice ; I est la projection de l'un des cylindres moteurs.

Le tiroir de changement de marche est représenté en coupe. L'un des orifices des cylindres est mis en communication avec la capacité *m* de la boîte et l'autre avec la capacité *n*. M étant le tuyau d'arrivée de vapeur de la chaudière, N le tuyau d'échappement à l'air libre, on voit immédiatement que si on élève le tiroir, la capacité *m* recevra de la vapeur et *n* la laissera s'échapper. La machine partira donc dans un sens déterminé. En abaissant le tiroir, on la ferait marcher dans le sens inverse ; enfin dans la position du tiroir, représentée dans la fig. 1 les deux orifices sont masqués et la machine est au repos. Reste donc à indiquer la manœuvre de ce tiroir.

L'arbre du treuil porte une vis E sur laquelle se meut un écrou manœuvré par le volant F ; le mouvement de cet écrou se transmet par un levier coudé *efg* à la bielle du tiroir.

La machine étant au repos, si on fait tourner le volant F d'un certain angle, 90° par exemple dans un certain sens, l'écrou se déplace et fait découvrir l'un des orifices des cylindres, la machine se met en marche et dans son mouvement fait tourner la vis E ; l'écrou qu'on maintient contre tout mouvement de rotation est ramené dans sa position initiale par la rotation de l'arbre lorsque cette rotation atteint une amplitude de 90° ; à ce moment les orifices du tiroir sont fermés et la machine s'arrête. Le tambour a donc décrit juste le même angle que le volant F, et s'est arrêté de lui-même. Pour continuer le mouve-

ment il faudrait agir de nouveau sur le volant F. De même si on voulait marcher en sens contraire.

Ainsi le tambour suit exactement le mouvement du volant de manœuvre, et le timonier peut, sans aucune dépense de force, déplacer à volonté le gouvernail et régler avec une extrême précision l'amplitude de son mouvement. Cette description sommaire suffit pour montrer toute l'ingéniosité des appareils servo-moteurs, qui seuls ont permis d'appliquer la vapeur à la manœuvre des gouvernails, et dont l'utilité est déjà consacrée par de nombreuses applications.

Treuil à escarbilles. — Cet appareil est une sorte de réduction du gouvernail à vapeur que nous venons d'examiner. Le treuil sur lequel s'enroule la chaîne qui sert à élever le seau à escarbilles est actionné par une petite machine à deux cylindres servo-moteur.

Le matelot n'a qu'à tourner la manivelle comme s'il avait devant lui un treuil à bras; mais il n'a presque pas d'effort à faire, la machine se chargeant d'imprimer au tambour, avec rapidité et docilité, les mêmes mouvements que ceux qui sont exécutés par la manivelle.

Le type de l'exposition est celui adopté par la Compagnie des messageries maritimes.

Mise en train à vapeur. — La mise en train, représentée par la fig 2, (pl. XV), est destinée à réduire, pour le proportionner aux forces d'un seul homme, l'effort nécessaire pour manœuvrer les coulisses Stephenson des machines les plus puissantes. La bielle de relevage de la coulisse est actionnée par une tige A, reliée par un doigt à la tige *c* d'un piston à vapeur dont le cylindre est représenté en B. Cette tige peut être manœuvrée soit à la main par un levier G D mobile autour du point fixe E, soit à l'aide de la vapeur. A cet effet, le levier G D porte un autre petit levier H I F dont le point fixe est en I sur le grand levier, et qui sert à déplacer le petit tiroir du cylindre à vapeur B; ce levier peut prendre par rapport au grand levier un léger mouvement réglé par deux buttoirs.

Lorsqu'on veut faire mouvoir l'arbre A, il suffit de déplacer le petit levier dans le sens convenable, le tiroir découvre et le piston produit le mouvement de la tige; en même temps il fait décrire au levier D G un certain arc et vient le replacer juste dans l'axe du petit levier; à ce moment le tiroir se ferme de lui-même et le piston s'arrête; ainsi, de même que dans les coulisses manœuvrées à la main, la position de la tige A et par suite celle de la coulisse sont corrélatives de celles données au levier de manœuvre. On voit que la combinaison qui produit l'asservissement est toujours la même : conduire le tiroir par un organe dont le point fixe est pris sur une pièce mobile dépendant du piston moteur. L'appareil que nous venons d'examiner est complété par une cataracte à huile qui modère les mouvements trop brusques du piston à vapeur.

Pompe alimentaire sans volant. — Cette pompe, destinée à l'alimentation des chaudières, n'a ni volant ni bielle. Elle est décrite en détail dans le *Bulletin de la Société industrielle de Marseille.*

Exposition de M. Farcot.

M. Joseph Farcot expose un servo-moteur pour gouvernail, une mise en train à servo-moteur pour machine marine, une partie des appareils destinés à manœuvrer l'artillerie d'un des cuirassés de la marine de l'État.

Toutes ces machines présentent le plus vif intérêt, et nous regrettons de ne pouvoir en donner à nos lecteurs autre chose qu'une description très-sommaire.

Servo-moteur pour gouvernail. — Cet appareil comprend un treuil actionné par l'intermédiaire de roues dentées par une machine à deux cylindres inclinés à 90°. Les organes d'asservissement diffèrent un peu de ceux que nous avons examinés. Les deux tiroirs sont conduits par un excentrique unique fou sur l'arbre de la machine. Dans la position de repos, les tiroirs ferment les orifices, et suivant qu'on déplace le chariot d'excentrique dans un sens ou dans l'autre autour de l'arbre, on découvre l'un ou l'autre des orifices et on fait marcher la machine soit en avant, soit en arrière.

Ce déplacement se fait par un moyen analogue à celui du servo-moteur Duclos. L'extrémité de l'arbre est filetée, et l'écrou, qu'on manœuvre au moyen d'un volant à main, porte un doigt parallèle à l'arbre qui pénètre dans le chariot. C'est le mouvement de rotation de l'écrou qui est utilisé pour déterminer l'ouverture des tiroirs, tandis que le servo-moteur Duclos c'est le mouvement suivant l'axe. Mais le principe ne varie pas.

Mise en train. — La mise en train exposée est destinée à une machine dont les tiroirs sont conduits par un arbre auxiliaire, portant manivelles et bielles, comme dans les machines du *Tonnant*.

L'arbre A de la machine (fig. 5, pl. XV) et celui B des tiroirs reçoivent deux roues d'engrenage d'égal diamètre mises en relation par une roue intermédiaire, dont le centre est en o dans la marche en avant.

On sait que pour changer la marche de la machine, il faut faire tourner l'arbre B d'un angle égal au double de l'angle de calage. Pour cela, l'arbre A de la machine étant fixe, on amène la roue intermédiaire dans la position o, en faisant mouvoir son axe sur des glissières $o\ o_1$. Dans ce mouvement la roue, qui reste en prise avec les roues A et B tourne sur la roue A et détermine la rotation de B. L'amplitude du mouvement $o\ o_1$ est tel, que l'arc décrit par B est celui qui convient pour le changement de marche. On voit que le déplacement de la roue intermédiaire n'est possible qu'à la condition qu'il y ait du jeu dans les engrenages. C'est sans doute pour remédier à cet inconvénient que les constructeurs ont adopté deux séries de dents inclinées, dont la réunion forme une suite de coins (fig. 5, pl. XV). Nous n'affirmerions pas cependant qu'une semblable transmission, comportant des roues d'un faible diamètre, ne laissera rien à désirer.

Dans l'appareil exposé, le déplacement de la roue o se fait à l'aide d'un servo-moteur. L'arbre est relié à un cylindre à vapeur placé horizontalement, dont le tiroir est mû par l'intermédiaire d'organes d'asservissement faciles à concevoir.

Appareils à eau sous pression. — Ces appareils comprennent : les pompes à vapeur qui produisent l'eau sous pression, un accumulateur qui emmagasine cette eau en quantité suffisante pour alimenter un certain temps les moteurs à eau comprimée; enfin les machines motrices pour tourelle tournante de navire.

Les pompes de compression, munies chacune de leur cylindre moteur, sont au nombre de trois, conjuguées sur le même arbre. L'adoption de trois appareils donne une certitude absolue pour la mise en marche et assure en même temps la parfaite régularité du fonctionnement.

L'accumulateur présente des dispositions entièrement différentes de celui des mêmes appareils à terre. L'effort qui agit sur le piston de la presse ne peut plus être obtenu par un simple poids, qui n'agirait que par sa composante verticale, dans les inclinaisons du navire.

M. Farcot a adopté un véritable cylindre à vapeur, dont le piston est constamment pressé sur sa face supérieure par la vapeur des chaudières motrices.

L'appareil est complété par la soupape ordinaire de distribution automatique de vapeur aux pompes, se fermant quand l'accumulateur est chargé et s'ouvrant quand il y a dépense d'eau sous pression, d'une quantité proportionnée à cette dépense elle-même.

La machine motrice pour tourelle, fonctionnant à l'eau comprimée, comporte trois cylindres à simple effet conjugués à 120° sur le même arbre; les cylindres sont oscillants avec distribution par les tourillons. Le changement de marche s'obtient en faisant arriver l'eau sous pression par l'un ou l'autre des orifices au moyen d'un tiroir spécial.

Exposition de MM. Caillard frères.

Hâleur à vapeur. — L'appareil ainsi appelé par MM. Caillard frères, constructeurs au Havre, est un petit cabestan à vapeur muni de sa chaudière.

La chaudière verticale à bouilleurs transversaux fournit la vapeur à une petite machine horizontale à un seul cylindre, dont le mouvement se transmet au moyen d'un premier engrenage à friction et de deux roues dentées à la cloche du cabestan.

Cet appareil, dans ses petites dimensions, paraît fort bien disposé; il a été construit spécialement en vue des bateaux de pêche, sur lesquels il se place facilement. Il permet non-seulement d'effectuer avec célérité et facilité l'opération de la manœuvre et de la levée des filets, en diminuant la fatigue des hommes, mais encore d'augmenter le nombre des filets et par suite les produits de la pêche.

D'après les renseignements que nous ont donnés les constructeurs, le hâleur à vapeur aurait reçu, dans toute la flottille des bateaux de pêche des côtes normandes, les plus larges applications parfaitement justifiées par les avantages qu'il procure.

Treuil à vapeur. — Les mêmes constructeurs ont exposé un treuil spécialement construit pour le service des bords.

La transmission de mouvement des deux cylindres au tambour et poupées se fait par l'intermédiaire d'un engrenage à friction et d'un engrenage à dents. Le premier peut être embrayé ou débrayé par le mouvement vertical d'un levier à main; le même levier, déplacé horizontalement, sert en même temps à fermer le tiroir de distribution de vapeur qu'à l'ouvrir pour la marche en avant ou en arrière; celui-ci suffit donc pour toutes les manœuvres sans exception, y compris le serrage du frein qui dans cet appareil est constitué par l'engrenage à friction lui-même. La machine étant stoppée, ou marchant en sens inverse du mouvement de descente de la chaîne, il suffit pour modérer ou arrêter ce dernier d'appliquer les deux roues lisses l'une sur l'autre avec une force plus ou moins grande.

Ces dispositions, extrêmement commodes pour opérer rapidement la manutention d'un grand nombre de petits colis, sont très-favorables pour l'embarquement ou le débarquement des marchandises légères à bord des navires. Elles sont également appliquées par d'autres constructeurs.

Citons encore dans l'exposition de MM. Caillard frères un treuil à escarbilles (non servo-moteur).

Exposition de MM. Varall, Elwell et Middleton.

Ventilateurs pour navires. — La maison Varall, Elwell et Middleton expose un ventilateur à force centrifuge du type adopté par la marine française pour la ventilation des navires.

La roue à ailettes est renfermée dans une enveloppe en fonte, à laquelle on peut substituer, pour économiser les poids, une enveloppe en tôle. Elle est mise en mouvement par une petite machine attelée directement sur l'arbre, et construite pour fonctionner avec sécurité aux allures de 600 et même 800 tonnes par minute. Ce moteur comprend deux cylindres égaux, disposés en face l'un de l'autre de chaque côté de l'arbre sur un bâti horizontal, et attelés sur des manivelles conjuguées à 90°. Il est entièrement renfermé dans une caisse en tôle munie sur le devant de portes de visite.

Le graissage, qui est un des points délicats des machines rapides, se fait de la manière suivante : les têtes de bielle qui sont soumises à l'influence d'une force centrifuge d'une grande intensité, qui chasse l'huile en dehors des godets ordinaires et l'empêche d'arriver jusqu'à la soie de l'arbre, sont graissées par l'intérieur de l'arbre percé à cet effet suivant l'axe d'un conduit d'arrivée d'huile; cette huile est contenue dans un réservoir en fonte muni d'un flotteur indicateur de niveau. L'huile, qui afflue en abondance aux têtes de bielles, est projetée sur les parois de la caisse-enveloppe, où elle est recueillie dans des rigoles au-dessus des autres organes à lubrifier : paliers, pieds de bielle, etc. ; puis elle est recueillie dans une cavité de la plaque de fondation, d'où on la puise pour l'employer de nouveau.

Ces dispositions fort bien comprises, jointes à une perfection remarquable d'exécution, assurent à ces petits moteurs un fonctionnement continu de plusieurs journées. Les constructeurs nous ont dit en avoir fait marcher un dans une usine pendant trente-six heures consécutives sans arrêt ni ralentissement.

Nous voici arrivé au terme de cette étude. Nous avons tout d'abord présenté dans un tableau d'ensemble l'état de la construction des appareils marins, au moment de l'ouverture de l'Exposition, afin d'être mieux préparé à saisir les idées nouvelles qui pourraient s'y faire jour; puis, sans parti pris d'aucune sorte, nous avons cherché à mettre en lumière non-seulement les objets exposés qui se distinguent entre tous par des particularités heureuses de conception ou d'exécution, mais encore tous ceux qu'il y a intérêt à connaître.

Avons-nous réussi dans cette tâche?

Nous n'oserions pas nous en flatter, et nous n'avons pas la prétention de croire que, malgré tous nos soins, nous n'avons laissé échapper aucun appareil digne de figurer dans une revue même rapide. Notre excuse se trouve dans la profusion extraordinaire de productions remarquables, accumulées dans les galeries du Champ-de-Mars en tel nombre qu'il était impossible au visiteur le plus assidu de les voir tous, de les étudier tous avec une égale attention

Nous avons cependant l'espoir que ce compte-rendu ne sera pas inutile, et nous nous estimerons satisfait si la comparaison raisonnée des divers appareils, jointe à l'exposé de quelques idées personnelles, peut contribuer à la propagation des meilleurs types, et provoquer la recherche de nouveaux progrès.

Galtigny.

L'ARCHITECTURE NAVALE

PAR

M. G. DE BERTHIEU, INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR

(suite) (1).

I. — L'ACIER DANS LES CONSTRUCTIONS NAVALES.

L'un des traits les plus particuliers qu'offre l'industrie des constructions navales comparée à ce qu'elle était en 1867, tient à l'introduction de l'acier parmi les éléments qu'elle emploie. Dans ces dix dernières années, la fabrication de ces *métaux fondus étirables* qui sont désignés sous le nom d'*aciers*, a eu sur le développement de toutes les industries une influence considérable. Elle tient non-seulement aux qualités de l'acier, mais encore, et surtout, à son prix de revient. Une tonne d'acier qui, il y a vingt ans, valait mille francs, ne vaut pas aujourd'hui plus de 200 francs. Ce résultat est dû aux modifications apportées à la fabrication de l'acier. Nous devons en suivre les conséquences dans les constructions navales.

La grande résistance de l'acier fondu, jointe à un coefficient d'allongement qu'atteignent seulement les fers de première qualité, son homogénéité caractéristique, ont attiré de bonne heure l'attention des constructeurs. Mais, tout d'abord, ce premier élan ne s'est pas soutenu. A côté de ses nombreuses qualités, l'acier a présenté, dans la pratique, des défauts dont on n'a pu triompher immédiatement : des tôles forgées se sont brisées sans motif apparent, des cornières travaillées à la forge se sont cassées pendant la manutention de leur déchargement du wagon d'expédition. De tels faits ont bien vite jeté le désarroi dans l'emploi du nouveau produit métallique. Les grandes Sociétés d'assurances ne pouvaient sanctionner son emploi dans la marine.

Après les premières hésitations, il fallait un rapprochement entre producteurs et consommateurs sur le terrain d'une fabrication perfectionnée.

Il n'est que justice de dire que c'est en France, depuis 1873, que le grand essor a été donné à l'usage de l'acier doux par la construction de trois grands navires de guerre à Brest et à Lorient. En Angleterre, le Lloyd a terminé, seulement à la fin de 1877, une série d'expériences entreprises sur l'acier, dans les premières usines du Royaume-Uni, en vue de préciser les conditions auxquelles cette vaste institution consentirait à classer les navires en acier.

En Belgique, l'importante Société Cockerill a sollicité, cette année, du Lloyd, des expériences semblables, sur les produits de ses usines. Les extraits suivants de M. Williamson, le délégué du Lloyd, ne manqueront pas d'intéresser les directeurs de chantiers de constructions maritimes. Des lingots d'échantillons ont été groupés, composés, puis laminés en tôles, cornières, poutrelles, barres, etc. Voici d'abord les indications de l'analyse chimique :

---

(1) Voir p. 83.

ÉLÉMENTS.	ACIER ANGLAIS employé à la construction d'un navire sur le Tyne.	ACIERS DOUX fabriqués en Suède.		ACIERS DOUX pour bateaux (Cockerill).		
Carbone	0,18 %	0,14 %	0,18 %	0,08 %	0,10 %	0,15 %
Silicium	traces	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Soufre	0,11 %	0,03	0,03	0,05	0,05	0,065
Phosphore	0,066	0,055	0,088	0,065	0,045	0,045
Magnésie	0,43	0,65	0,65	0,43	0.30	0,30

Quelques-uns des échantillons ont été essayés *non recuits* et quelques-uns après avoir été *recuits*. La résistance moyenne des échantillons *non recuits*, dans le sens du laminage, fut de $43^k,5$ par millimètre carré avec un allongement final de 24,4 %.

« Ces résultats moyens, dit M. Williamson, satisfont entièrement aux prescriptions du Comité du Lloyd. Mais, en regardant de plus près les détails, on » remarque un manque d'uniformité dans les résultats. Par exemple, la résistance finale à la traction varie de 38^k à 55^k par millimètre carré et l'allongement de 18,8 à 27,6 %. D'un autre côté, *le résultat des essais des échantillons recuits est très-satisfaisant, tant en ce qui concerne l'élasticité et la résistance finale à la traction de chacun des essais en particulier, que sous le rapport de l'uniformité de ces résultats pris dans leur ensemble*. La résistance moyenne des échantillons recuits, dans le sens du laminage, est de $45^k,8$ par millimètre carré avec un allongement final moyen de 22,07 %, tandis que la résistance particulière à traction varie seulement de $45^k,1$ à $48^k,2$ par millimètre carré et l'allongement de 20,08 à 25 %. »

La résistance des échantillons recuits, transversalement aux fibres, qui a varié de $42^k,9$ à $46^k,8$ a été de $44^k,6$ en moyenne par millimètre carré avec un allongement final moyen de 21,7 %.

Ces résultats montrent la *grande importance du recuit*, afin d'obtenir de l'uniformité dans la qualité du métal, recuit que doit subir le métal avant de quitter l'usine du fabricant, aussi bien qu'après le travail ultérieur auquel il est soumis au chantier naval.

« De ces faits, ajoute M. Williamson, ainsi que des recherches que j'ai faites » après ces essais, j'ai conclu que le manque d'uniformité, montré par les tôles » *non recuites*, provenait entièrement de ce qu'on les laissait refroidir, après le » laminage, dans des endroits exposés. »

Un autre point digne d'être signalé est qu'en *recuisant*, non-seulement on rend le métal plus uniforme de qualité, mais encore on élève sa résistance finale.

Des essais ont été faits en vue de constater l'importance de la perte de résistance que l'acier pour bateaux peut subir par l'opération du poinçonnage comparé au forage des trous. Les surfaces de rupture des tôles poinçonnées ont montré plus ou moins de cristallisation autour du trou après rupture, tandis que les cassures, pour les trous forés, en étaient exemptes : les molécules du métal, autour des trous, sont donc dérangées par le poinçonnage. La perte de résistance éventuelle amenée par le poiçonnage est recouvrée par le recuit.

D'autres essais portèrent sur la résistance au choc, sur la trempe, etc.

« L'avantage de recuire les tôles d'acier, dit en terminant M. Williamson, » était si apparent que la Société Cockerill consentit à recuire toutes les tôles » destinées à la construction des bateaux ou des chaudières avant leur expédition de l'usine. »

Les règles du Lloyd (art. 3, circ. n° 392) exigent que chaque tôle, poutrelle ou cornière fournie pour des bateaux destinés à être classés dans ses registres, soit clairement et distinctement poinçonnée, en deux endroits, de la marque approuvée par le Comité, garantissant qu'un morceau cisaillé de la tôle ou cornière ainsi marquée a été plié à froid avec succès, après la trempe, et que la tôle ou cornière en question est capable de supporter un effort de traction final compris entre 41k,85 et 48 kilogr. par millimètre carré avec un allongement correspondant de 20 %.

Nous ne quitterons pas la Société Cockerill, qui tient une place si marquée dans la question, sans indiquer son classement des aciers. Il est toujours basé sur la teneur en carbone; l'expérience prononcera probablement un jour sur la moins-value que donne à un acier un tantième de silicium ou de phosphore en élevant la résistance à la rupture du métal tout en diminuant l'allongement. La simplicité du classement suivant frappera les connaisseurs :

CLASSEMENT DES ACIERS.	ACIERS			
	EXTRA-DOUX.	DOUX.	DURS.	EXTRA-DURS.
Carbone %.	0,05 à 0,20	0,20 à 0,35	0,35 à 0,50	0,50 à 0,65
Charge de rupture en kil. par millim. carré de section.	40 à 50	50 à 60	60 à 70	70 à 80
Allongement % (compté sur 200 millim. de longueur)	27 à 20	20 à 15	15 à 10	10 à 5
Caractères particuliers. . .	Se soudent et ne se trempent pas	Se soudent peu et se trempent peu.	Ne se soudent pas, prennent la trempe.	Ne se soudent pas, prennent fortement la trempe.
Usages.	Tôles de chaudières. . . . . Tôles de navires. Tôles de ponts. . Frettes de canons. . . . . . . Clous et pointes. Fils . . . . Pièces estampées (remplacent les fers de Suède)	Essieux de wagons. . . . . . . Essieux de locomotives. . . . . Bandages. . . . . Rails. . . . . . . Canons de fusils, pièces d'armes. Gros canons. . . Pièces mécaniques soumises à de grands efforts de flexion et de torsion. .	Rails. . . . . . . Bandages spéciaux. . . . . . Ressorts de voitures, de wagons et de locomotives. . . . . Sabres et armes blanches. . . . Glissières, pièces de machines soumises au frottement. . . Broches des filatures. . . . . . Marteaux . . . . Fleurets de mines.	Ressorts fins. Limes, fraises. Scies. Outils tranchants divers. .

La France qui, antérieurement à 1873, avait seulement trois navires cuirassés construits tout en fer, la COURONNE, l'HÉROÏNE, le FRIEDLAND, imprima, avons-nous dit, vers cette époque, une impulsion considérable à l'emploi de l'acier par la construction du REDOUTABLE à Lorient, puis de la TEMPÊTE et du TONNERRE à Brest et à Lorient. L'acier de ces bâtiments provenait principalement du Creusot et de Terre noire.

L'administration de la marine fait surveiller, par ses agents, la fabrication de l'acier dans les diverses usines qui travaillent pour elle. Les épaisseurs des tôles qui lui sont livrées sont espacées de 1mm,5 à 30 millimètres; leurs dimen-

sions de $3^m,75 \times 1^m,20$ à $10^m \times 2^m$. La résistance longitudinale exigée est d'au moins 47 kil. par millimètre carré avec un allongement de 10 °/₀ pour les tôles les plus minces, ou de 44 kil. avec un allongement de 20 °/₀ pour les tôles les plus épaisses. Les essais de résistance sont complétés par des essais faits à chaud et par des essais de trempe. Il en est de même pour les cornières et acier profilés (1).

II. — SYSTÈME COMPOSITE FER OU ACIER ET BOIS.

M. Berrier-Fontaine, ingénieur de la marine, a exposé un projet de système de construction en fer ou en acier avec revêtement en bois et doublage en cuivre. Il s'est principalement proposé d'améliorer le système de construction désigné sous le nom de *système Composite*, en évitant l'emploi des pièces en bronze de grand poids et d'exécution compliquée qui sont généralement introduites dans l'édification des parties avant et arrière, par exemple des croiseurs à grande vitesse, tels que le *Tourville* dont nous parlerons plus loin.

Nous donnons (fig. 16) la coupe par le milieu du modèle exposé. Toute la coque est en fer et le bordé en fer est revêtu de deux plans de bois pleins suivant la longueur du navire; entre ces plans de bois, il y a une toile coltarée; il y a également une toile coltarée entre le premier bordé en bois et le bordé en fer. La quille, l'étrave et l'étambot sont en bois.

III. — SPÉCIMENS EXPOSÉS

Marine française. — Le ministère de la marine a exposé dans la classe 67 un certain nombre de modèles de navires qui ont été construits dans les arsenaux de l'État. En outre l'Exposition renferme plusieurs modèles de navires commandés par le département de la marine aux chantiers de l'industrie privée. Les bâtiments ainsi représentés, et que nos lecteurs pourront repérer facilement en se reportant aux nomenclatives des pages 92 à 94, sont désignés dans le tableau de la page 277.

L'importance de ces constructions et la nouveauté de ces types comparés à la flotte exposée en 1867 nous conduit à les passer sommairement en revue.

Le Redoutable a été mis en chantier, en 1872, sur les plans de M. de Bussy, directeur des constructions navales.

La coque est construite en fer et en acier; c'est le premier navire sur lequel l'acier ait été employé en quantité considérable pour les membrures, liaisons intérieures, etc. Le bordé est en fer. — Le poids de cette coque (y compris le matelas de cuirasse) est de $3,845^T$; celui de la cuirasse de $2,360^T$.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	$95^m,00$	Tirant d'eau moyen	$7^m,20$
Largeur —	19 ,66	Déplacement	$8,796^T$
Profondeur de carène	7 ,00	Surface immergée du maître couple	$125^{m^2},61$

Les plaques de cuirasse ont $35^c/_m$ d'épaisseur à la flottaison, $6^c/^m$ sur le pont.
L'artillerie se compose de 4 canons de $27^c/_m$ dans un réduit cuirassé à $24^c/_m$

(1) Voir *Annales du Génie civil*, juillet 1876, p. 453.

EXPOSITIONS.	CUIRASSÉS.		GARDE-COTES.		CROISEURS.			AVISO.	TRANSPORTS.	CANONNIÈRE	TORPILLEURS.	REMORQUEURS.
	1er rang.	1er rang.	1re classe.	2e classe.	1re classe.	2e classe.	3e classe.					
Exposition du ministère de la marine	Redoutable. Dévastation. Richelieu. Trident. Suffren.	Duguesclin. Victorieuse.	Tonnerre	Tempête.	Duquesne.	Dugay-Trouin Villars Pérouse	Éclaireur	Chasseur.	Allier. Annamite.	Crocodile		
Exposition de la Cie des Forges et Chantiers de la Méditerranée.	Amiral Duperré.				Tourville				Shamrock		1	
Exposition de M. Normand, du Havre.						Château-Renaud.	Talisman	Hirondelle				
Exposition de MM. Claparède et Cie.											2	1

pourvu de sabords d'angle, de manière à assurer le tir en chasse et en retraite; en outre, 2 canons de $27^{c}/_{m}$ en demi-tourelles barbettes et un certain nombre de pièces de $14^{c}/_{m}$ composent l'armement des gaillards.

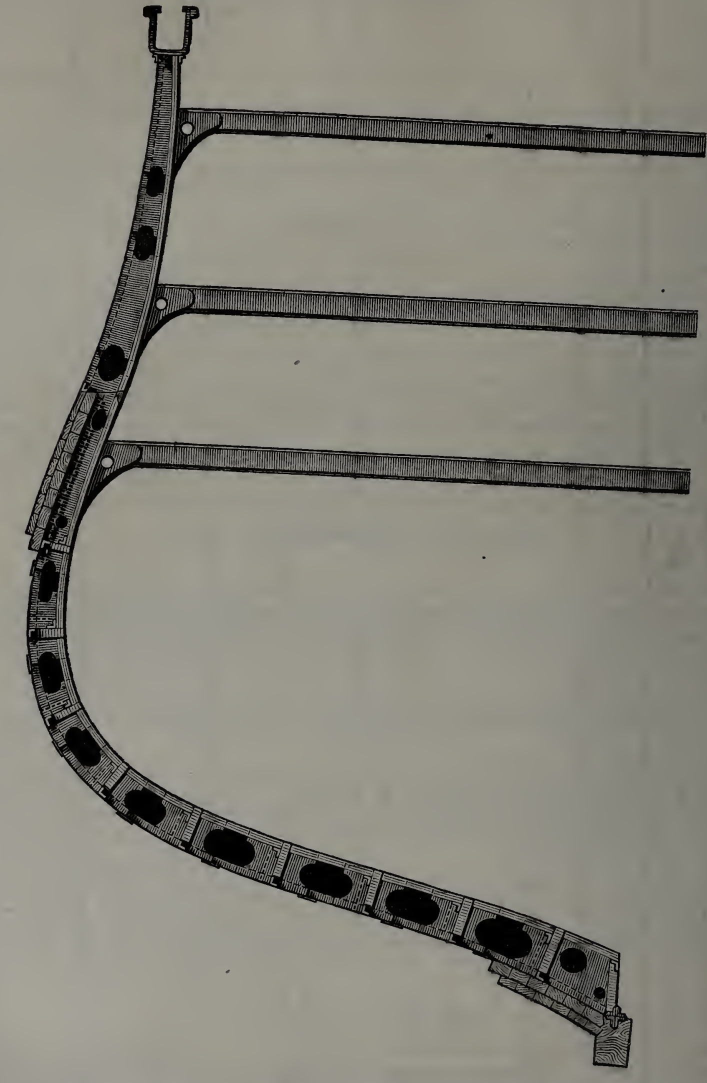


Fig. 16. — Système de construction en fer ou en acier avec revêtement en bois et doublage en cuivre. (Procédé Berrier-Fontaine).

Ce navire porte sur une mâture complète 2,700 ^{m2} de voiles.

La machine, construite au Creusot, est du système Compound à 6 cylindres horizontaux : trois grands et trois petits. Les chaudières, à moyenne pression (2^{k},25), comptent 40 foyers, dont la surface de grille est de 73^{m2},60.

La machine doit développer 6,000 chevaux, ce qui au tirant d'eau de 7^{m},20

permettra d'atteindre une vitesse de 14ⁿ,50. L'approvisionnement de charbon est de 620 tonnes.

Ce navire n'a qu'une hélice. Il a reçu tous les appareils nouveaux en usage, soit pour faciliter les évolutions, soit pour assurer les moyens de conjurer les dangers d'une voie d'eau.

La DÉVASTATION. — Ce navire mis en chantier en 1876, sur les plans de M. de Bussy, représente un agrandissement du type précédent, fait en vue de lui assurer de plus grandes qualités offensives ou défensives. Au même type appartient le FOUDROYANT.

La coque est construite en acier; le bordé est en fer.

Cette coque ainsi allégée ne pèsera que 3,735 tonnes, le poids de la cuirasse est évalué à 2,836 tonnes.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	$95^m,00$	Tirant d'eau	$7^m,32$
Largeur —	$20^m,45$	Déplacement	$9,606^T$
Profondeur de carène	$7^m,32$	Surface immergée du maître couple	$136^{m2},76$

Les plaques de cuirasse ont $38^c/_m$ à la flottaison; $6^c/_m$ sur le pont.

L'artillerie, disposée comme celle du REDOUTABLE, se compose de 4 canons de $32^c/_m$ dans un réduit cuirassé à $24^c/_m$; de 2 canons de $27^c/_m$, abrités par des demi-tourelles barbettes cuirassées et de 8 canons de $14^c/_m$ sur les gaillards.

Ce navire a, comme le précédent, une voilure complète de $2,700^{m2}$ de surface. Il est mû par deux hélices. Les machines sont en construction à Indret; elles sont du système Woolf, à pilon, trois cylindres par chaque machine. Les chaudières sont elliptiques et fonctionnent à la pression de $4^k,13$; les dispositions sont prises pour qu'elles fonctionnent par tirage forcé quand il est nécessaire de produire la puissance maxima.

La machine doit développer 6,000 chevaux, ce qui. au tirant d'eau de $7^m,32$ permettra d'atteindre une vitesse de $14^N.20$. L'approvisionnement de charbon est de 560 tonnes.

On compte avec le tirage forcé porter la puissance des machines à 8,000 chevaux.

Le RICHELIEU. — Il a été mis en chantier en 1868, sur les plans de M. Dupuy de Lôme.

La coque est en bois; les extrémités avant et arrière des œuvres mortes en dehors du réduit sont en fer. Son poids (cuirasse comprise) est de 5650 tonnes.

Dimensions principales.

Longueur à la la flottaison	$96^m,44$	Tirant d'eau moyen	$8^m,00$
Largeur —	$17^m,24$	Déplacement	$8,417^T$
Profondeur de carène	$7^m,58$	Surface immergée du maître couple	116^{m2}

La cuirasse a $20^d/_m$ d'épaisseur à la flottaison.

L'artillerie se compose de 6 canons de $27^c/_m$ dans un réduit cuirassé à $16^c/_m$ occupant la partie centrale; 4 canons de $24^c/_m$ en tourelles barbettes cuirassées forment l'armement des gaillards complété par quelques pièces d'artillerie légère.

Ce cuirassé porte une mâture complète. La surface de voilure est de 2300^{m2}.

Le navire est mû par deux hélices. Les machines ont été construites à Indret; chacune d'elles est à 3 cylindres horizontaux avec introduction dans le cylindre milieu. Les chaudières à moyenne pression ($2^k,25$) comptent 32 foyers, dont la surface de grille et de $58^{m2},88$.

La machine a développé 4,006 chevaux; la vitesse correspondante (le navire

étant au tirant d'eau de $8^{m},16$) a été de $13^{n},11$. L'approvisionnement de charbon est de 650^{T}.

Ce cuirassé est muni d'une chaudière spéciale pour le service du servo-moteur du gouvernail, de pompes d'épuisements, etc.

Dans les expériences de giration, le Richelieu a exécuté en $6^{m},24^{s}$ un cercle de 455 mètres de diamètre.

Nous avons trouvé à l'Exposition le modèle d'un *frein* appliqué à bord du Richelieu et qui a pour objet :

1° De maintenir le gouvernail dans l'axe du bâtiment en cas de rupture de la barre; 2° de réduire, dans des limites variables à volonté, les amplitudes des angles de la barre d'un bord à l'autre. Ce résultat est obtenu par l'emploi d'une barre renversée, d'une clé destinée à la fixer dans l'axe, de cales de différente

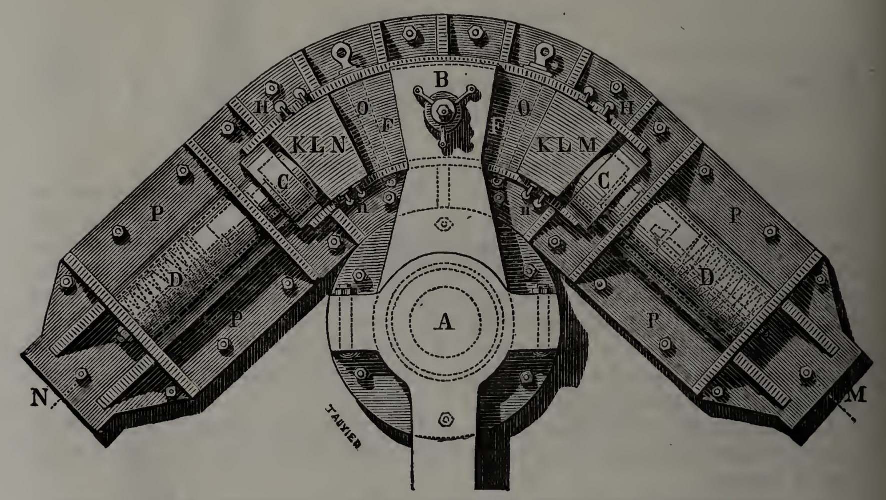


Fig. 17. — Frein de gouvernail, système du Richelieu, plan horizontal.

épaisseurs et de buttoirs à tampon pour amortir les chocs. Cette disposition est représentée fig. 17 et 18, dont le lecteur se rendra compte à l'aide de la légende suivante :

A, mèche du gouvernail; B, manivelle du frein ; C, tampons de choc supérieurs ; D, ressorts Belleville des tampons supérieurs. Les tampons supérieurs servent de buttoirs à la manivelle du frein tant que le boulon E reste suspendu en l'air; E, boulon destiné à relier à volonté la manivelle du frein avec le curseur en fonte F; F, curseur en fonte glissant dans la coulisse H du bâti; G, galets portés par le curseur F; H, coulisses en fonte; I, tampons de choc inférieurs servant de buttoirs au curseur F quand le bouton E a été descendu à la position indiquée par les deux figures; J, Ressorts Belleville des tampons inférieurs; K, L, M. coins en bois gradués munis de galets latéraux N, N, destinés à réduire à volonté l'excursion de la manivelle du frein entre ses buttoirs; O, boulons horizontaux destinés à assujetir dans la position du milieu le curseur F et par suite le gouvernail; P, plaque de fondation boulonnée sur le pont du navire.

Le Trident. — Il a été mis en chantier en 1869, sur les plans de M. Sabattier, directeur du matériel au ministère de la marine. Au même type appartient le Colbert.

La coque est en bois; le mode de construction est le même que celui du Richelieu. Le poids de la coque cuirassée est de 5,540 tonnes.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	$96^{m},86$	Tirant d'eau moyen	$8^{m},00$
Largeur —	17 ,24	Déplacement	$8,314^{T}$
Profondeur de carène	7 ,72	Surface immergée du maître couple	114^{m^2}

La cuirasse a $22^{c}/_{m}$ à la flottaison.

L'artillerie se compose de 6 canons de $27^{c}/_{m}$, dans un réduit central cuirassé à $16^{c}/_{m}$, de 2 canons de $27^{c}/_{m}$, en demi-tourelles barbettes sur les gaillards, 1 canon de $24^{c}/_{m}$ sous la teugue, et de 6 canons de $14^{c}/_{m}$ sur le pont des gaillards. A cette artillerie il faut joindre, comme pour tous les cuirassés, les canons revolvers pour la défense contre les embarcations.

Ce navire porte une mâture complète. La surface de voilure est de $2{,}130^{m2}$.

L'hélice est actionnée par une machine à 3 cylindres horizontaux construite à Indret.

Les chaudières, à moyenne pression ($2^{k},25$), ont $58^{m2},88$ de surface de grille.

La machine a développé 4,652 chevaux; la vitesse correspondante (le navire étant au tirant d'eau de $7^{m},90$) a été de $14^{n},47$. L'approvisionnement de charbon s'élève à 700 tonnes.

Ce navire est muni, comme les précédents, d'appareils à vapeur spéciaux pour la manœuvre du gouvernail, des pompes, etc. Quoique construit en bois, il a reçu des cloisons étanches en tôle, disposées de manière à localiser les effets d'une voie d'eau.

Dans les expériences de giration, à la vitesse initiale de 13 nœuds, le Trident a tourné en $6^{m},2^{s}$ dans un cercle de 444 mètres de diamètre.

Le Suffren a été mis en chantier en 1865, sur les plans de M. Dupuy de Lôme. Au même type appartiennent l'*Océan* et le *Marengo*.

La coque est construite en bois. Les extrémités avant et arrière des œuvres mortes sont en fer. Le poids de la coque (cuirasse comprise) est de 4,660 tonnes.

Fig. 18.

Légende de la figure 18.

Fig. 18. — Frein de gouvernail, système du Richelieu, développement d'une coupe suivant MN.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	86m,36	Tirant d'eau moyen	8m,00
Largeur —	17 ,22	Déplacement	71,87T.
Profondeur de carène	7 ,58	Surface immergée du maître couple.	113m²69

La cuirasse a 20c/m d'épaisseur à la flottaison, 16c/m sur le réduit.

L'artillerie se compose de 4 canons de 27c/m dans la batterie; 4 canons de 24c/m tirant en barbette dans des tourelles cuirassées et de quelques pièces d'artillerie légère.

Ce navire porte une mâture complète. La surface de voilure est de 2,000m².

La machine, construite à Indret, est à 3 cylindres horizontaux avec introduction dans le cylindre milieu. Les chaudières, à moyenne pression (1k,80), comptent 32 foyers et présentent 59m² de surface de grille.

La machine a développé 4,180 chevaux et la vitesse (au tirant d'eau moyen de 8m,40) a été de 14n,30. L'approvisionnement de charbon est de 530 tonnes.

Quoique remontant à une époque relativement un peu ancienne, ce navire a été muni d'appareils à vapeur pour la manœuvre du gouvernail, de puissants moyens d'épuisement en cas de voie d'eau, etc.

Dans les expériences de giration, le Suffren a exécuté un cercle complet de 430 mètres en 5m,58s.

L'amiral-Duperré a été mis en chantier en décembre 1876, sur les plans de M. Sabattier. Il est en cours d'exécution dans les chantiers de La Seyne. Il doit être achevé au mois de mars 1880.

C'est le plus grand vaisseau de la flotte française; ses dimensions, l'épaisseur de sa cuirasse, la puissance de son artillerie, sont analogues à celles des vaisseaux anglais Inflexible et italiens Duilio et Dandolo. Mais, tandis que ces derniers vaisseaux ne sont protégés par un blindage que dans leur partie centrale correspondante aux appareils moteurs et aux soutes à munitions, l'amiral Duperré est revêtu de sa cuirasse de bout en bout de la flottaison, depuis l'extrémité arrière jusqu'à l'éperon. Son pont, cuirassé de telle sorte qu'il reste impénétrable aux plus gros projectiles, est placé à la hauteur du can supérieur de la cuirasse au-dessus de la flottaison.

Ses extrémités, divisées en un aussi grand nombre de compartiments étanches que celles des vaisseaux Inflexible et Duilio, sont en outre mises à l'abri des coups de l'artillerie par un cuirassement dont l'épaisseur varie de 550 à 300 millimètres.

Son mode de construction, analogue à celui du vaisseau anglais, a aussi l'avantage d'une plus grande solidité ; aux tôles de liaison des membrures proprement dites, qui sont divisées en quatre plaques distinctes, on a substitué des tôles évidées d'une seule pièce.

Il est construit *complétement en acier*, à l'exception de l'étrave et de l'étambot et du revêtement de la carène, qui sont en fer.

Dimensions principales.

Longueur entre perpendiculaires à la flottaison	97m,50	Creux sur quille à la ligne droite du pont supérieur	13m,41
Largeur extérieure maxima.	10 ,40	Tirant d'eau moyen	7,85
Creux sur quille à la ligne droite des baux du pont cuirassé.	8 ,38	Déplacement correspondant	10,487T

La coque a un double fond; une cloison longitudinale la divise en deux parties symétriques; près de deux cents compartiments étanches assureraient la

flottabilité du navire dans les circonstances les plus critiques résultant des effets de l'artillerie ou des torpilles.

Le vaisseau est muni des moyens d'épuisement les plus énergiques.

La cuirasse en fer a, au milieu et dans toutes les parties correspondantes aux appareils moteurs et aux soutes à munitions, une épaisseur de $0^m,55$; sa hauteur au milieu est de $2^m,460$.

L'étrave en fer forgé, en forme d'éperon, reçoit les aboutissements des plaques de la cuirasse, dont l'arête inférieure s'abaisse à 3 mètres au-dessous de la flottaison jusqu'à la pointe de l'éperon.

Le gouvernail peut être, à volonté, manœuvré à bras ou par une machine servo-motrice brevetée de M. Farcot.

La grosse artillerie, composée de 4 pièces du calibre de $0^m,34$ ayant $8^m,30$ de hauteur de batterie, est distribuée dans des tourelles cuirassées, placées 2 en abord sur l'avant et 2 dans l'axe du vaisseau, à l'arrière de la cheminée.

14 canons de 0^m14 sont répartis dans la batterie proprement dite. Leur axe est à $3^m,78$ au-dessus de la flottaison.

La surface de voilure est d'environ 2,400 mètres carrés.

Les appareils moteurs sont constitués par deux machines indépendantes, menant chacune une hélice et réalisant ensemble une puissance de 6,000 chevaux que l'emploi du tirage forcé pourra porter à 8,000. Ces machines sont verticales, à pilon et dans le système Compound : elles ont 3 cylindres conjugués sur un arbre moteur à 3 coudes.

Ces appareils comportent quatre groupes indépendants de chaudières composés de 3 corps cylindriques à 3 foyers, timbrés à $4^k,133$.

Voici les principale, données qui s'y rapportent :

Diamètre des grands cylindres . .	$2^m,00$	3,000 chevaux.	70
— du petit — . .	1 ,55	Surface des grilles.	72^{m2}
Course des pistons	1 ,00	— de chauffe.	1743^{m3}
Nombre de tours correspondant à			

Le Duguesclin a été mis en chantier en 1876, sur les plans de M. Lebelin de Dionne. La coque, construite en acier, est revêtue d'un doublage en bois. Son poids prévu est de 2,500 tonnes; celui de la cuisasse de 1,510 tonnes.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	$81^m,00$	Tirant d'eau moyen	$7^m.10$
Largeur —	17 ,45	Déplacement.	5.882^T
Profondeur de carène.	6 ,90	Surface immergée du maître couple,	$99^{m2}98$

La ceinture cuirassée à la flottaison a $25^c/_m$ d'épaisseur; le pont est protégé par des plaques de $5^c/_m$.

L'artillerie de gros calibre, composée de 4 canons de $24^c/_m$, est placée sur les gaillards dans des tourelles barbettes cuirassées à $20^c/_m$, communiquant avec le pont blindé par des conduits cuirassés. Un canon de $19^c/_m$ sous la teugue complète le tir en chasse. Enfin l'artillerie légère est composée de 6 pièces de $14^c/_m$ placées dans la batterie non protégée.

Ce cuirassé porte une mâture complète; la surface de voilure est de $2,250^{m2}$.

Les machines, en construction à Indret, sont du système Compound; elles ont chacune 3 cylindres verticaux.

Les chaudières sont cylindriques, à haute pression ($4^k,21$); la surface de grille est de $38^{m2},64$.

Le navire est mu par deux hélices.

Les machines doivent développer 4,100 chevaux; avec tirage forcé on atteindra ainsi 14 nœuds.

L'approvisionnement de charbon est de 400 tonnes.

La Victorieuse a été mise en chantier en 1869, sur les plans de M. Sabattier. La Triomphante est construite sur les même plans.

La coque est construite en bois; les extrémités des œuvres mortes sur l'avant et l'arrière du réduit sont en fer. Le poids de la coque et de la cuirasse est de 2,823 tonnes.

Dimensions principales.

Longueur la flottaison	$77^m,30$	Tirant d'eau moyen	$6^m,24$
Largeur —	17 ,40	Déplacement.	$4,140^T$
Profondeur de carène.	5 ,77	Surface immergée du maître couple.	$75^{m^2},10$

Les plaques de cuirasse de la flottaison ont $15^c/_m$ d'épaisseur; celle du réduit $12^c/_m$.

L'artilerie de gros calibre se compose de 8 canons de $24^c/_m$ dont 4 dans le réduit et 4 en tourelles barbettes sur les gaillards.

La mâture complète comporte une surface de voilure de $1,780^{m^2}$.

La machine, construite à Indret, a développé 2.214 chevaux; elle est à trois cylindres horizontaux avec introduction au cylindre milieu. Les chaudières sont à moyenne pression ($2^k,25$); la surface de grille est de $29^{m^2},44$. Aux essais (tirant d'eau moyen : $6^m,36$), la vitesse réalisée a été de $12^n,75$.

L'approvisionnement de charbon est de 300 tonnes.

Dans les expériences de giration, la Victorieuse, lancée à toute vitesse, a exécuté en $5^m,10^s$ un cercle complet de 384 mètres de diamètre.

Le Tonnerre a été mis en chantier en 1872, sur les plans de M. de Bussy. On construit sur les mêmes plans le Furieux et le Fulminant.

La coque est construite en fer et en acier; son poids (matelas de cuirasse compris) est de 2,070 tonnes.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	$75^m,60$	Tirant d'eau moyen	$6^m,30$
Largeur —	17 ,60	Déplacement.	$5,580^T$
Profondeur de carène.	6 ,30	Surface immergée du maître couple	$102^{m^2},09$

Les plaques de cuirasse de la ceinture de la flottaison ont $33^c/_m$ d'épaisseur; celle du pont $5^c/_m$.

L'artillerie comporte 2 canons de $27^c/_m$ dans une tourelle mobile, protégée par des plaques de $35^c/_m$. Quelques pièces légères sur une passerelle complètent l'armement de ce garde-côtes.

Ce navire n'a pas de voilure.

La machine est l'ancien appareil moteur de la Normandie, modifié de manière à recevoir autant que possible les perfectionnements qui se sont produits dans ces dernières années.

Les chaudières sont à moyenne pression ($2^k,25$); elle sont au nombre de 8; la surface de grille est de $58^{m^2}.88$.

Le navire est mû par une seule hélice. Au tirant d'eau de ($6^m,36$), la machine développant 4,166 chevaux, il a atteint une vitesse de $14^n,07$. L'approvisionnement de charbon est de 290 tonnes.

Dans les expérience de giration, le Tonnerre, lancé à toute vitesse, a exécuté un cercle complet de 260 mètres en 3ᵐ,18ˢ.

La Tempête, mise en chantier en 1872, est construite sur les plans de M. de Bussy. A ce type appartient le Tonnant et le Vengeur.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	$73^m,60$	Tirant d'eau	$5^m,10$
Largeur —	17 ,60	Déplacement	$4,524^T$
Profondeur de carène	5 ,10	Surface immergée du maître couple	$82^{m^2},64$

La cuirasse de la ceinture de flottaison, de même que celle des tourelles, a $30^c/_m$ d'épaisseur; le pont est protégé par des plaques de $5^c/_m$.

L'artillerie est composée de 2 canons de $27^c/_m$ en tourelle tournante.

Il n'y a pas de voilure. Le navire est mû par une seule hélice.

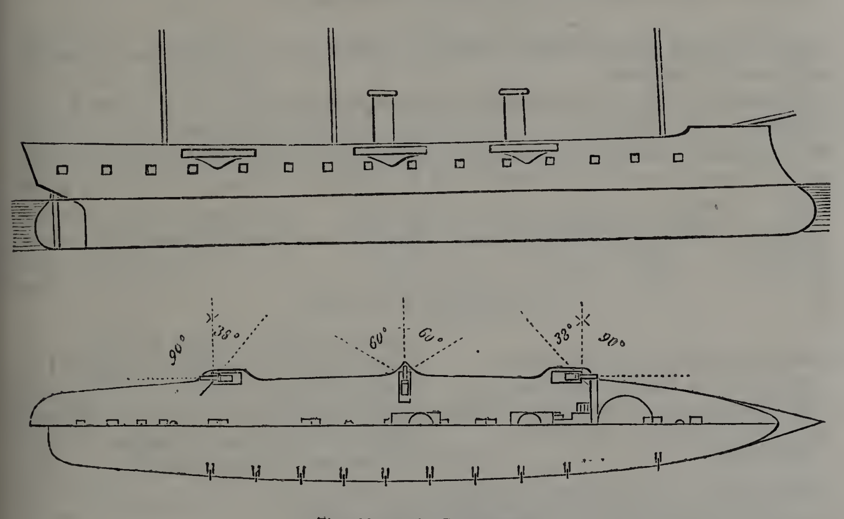


Fig. 19. — Le Duquesne.

La machine, construite à Indret, est du système Woolf à 6 cylindres, les petits et les grands pistons étant accouplés et agissant sur les mêmes bielles.

Cet appareil doit développer 1,500 chevaux, ce qui au tirant d'eau prévu par le plan permettra d'atteindre une vitesse de 10 nœuds.

C'est en 1872, au moment de la rédaction du programme dont nous avons parlé (p. 88), que les idées s'affirmèrent en ce qui concerne le rôle destiné aux croiseurs : On déclara que les croiseurs à grande vitesse devaient être considérés comme un des éléments les plus importants de notre puissance navale. De là les types que nous allons examiner.

Le Duquesne a été mis en chantier en 1873, sur les plans de M. Lebelin de Dionne, ingénieur de la marine. Nous en représentons les traits généraux (fig. 19).

La coque est en acier, avec bordé en fer, recouvert d'un double bordé en bois avec doublage en cuivre. Son poids est de 2,700 tonnes.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison.	$99^m,60$	Tirant d'eau moyen	$6^m,89$
Largeur —	15 ,25	Déplacement.	$5{,}436^T$
Profondeur de carène	6 ,50	Surface immergée du maître couple.	$74^{m^2},02$

L'artillerie se compose : dans la batterie, de 14 pièces de $14^c/_m$; sur les gaillards, de 7 de canons de $19^c/_m$ dont 1 sous la teugue, et de 6 dans des demi-tourelles faisant saillie sur la muraille.

Ce navire porte une mâture complète (plus importante que celle du Tourville), la surface de voilure est de $1{,}900^{m^2}$.

La machine a été construite à Indret; elle est à 6 cylindres horizontaux, du système Compound : 3 grands et 3 petits.

Les chaudières, de type haut réglementaire renforcé, sont à moyenne pression ($2^k,25$) ; elles sont composées de 12 corps et 48 foyers.

Les essais du Duquesne ne sont pas terminés,

L'approvisionnement de charbon est de 660 tonnes.

Le Tourville a été construit dans les chantiers de la Seyne, sur les mêmes plans que le Duquesne.

Il appartient aux constructions du système connu sous le nom de *système composite ;* les membrures, le barrotage, les ponts, le bordé, sont en fer. Ce bordé en fer est revêtu de deux plans de bois de teck recouvert d'un doublage en cuivre pour préserver la carène de la salissure. L'étambot et l'étrave-éperon sont en bronze.

Mis en chantier en août 1873, il a été livré au port militaire de Toulon en juin 1876.

Dimensions principales.

Longueur mesurée de l'axe du gouvernail à l'extrémité avant de l'éperon	$103^m,90$	Creux sur quille mesuré du trait inférieur de la râblure à la ligne droite du pont.	$11^m,12$
Largeur extérieure maxima à la flottaison.	15 ,25	Surface de voilure.	$2300^{m^2},00$
		Tirant d'eau moyen en charge .	$6^m,89$
		Déplacement correspondant. . .	$5{,}670^T$

L'artillerie des gaillards se compose de 7 canons rayés de $0^m,19$, installés dans des demi-tourelles barbettes en encorbellement.

La hauteur moyenne de l'axe de ces canons au-dessus de la flottaison est de $6^m,25$.

L'artillerie de la batterie couverte consiste en 14 canons rayés de $0^m,4$. La hauteur de la batterie, mesurée au seuillet du sabord le plus rapproché de la flottaison, est de $3^m,10$.

L'appareil moteur du Tourville a été exécuté aux ateliers de Menpenti. Sa puissance est de 7,200 chevaux indiqués de 75 kilogrammètres ; il a développé aux essais 7,340 chevaux, en réalisant une vitesse de $16^n,93$.

Les machines proprement dites sont disposées en deux groupes distincts.

Chaque groupe est composé de 4 cylindres à vapeur horizontaux, 2 grands et 2 petits, conjugués deux à deux de la façon suivante :

Le petit cylindre, placé en abord derrière le grand cylindre, a son piston relié au grand piston correspondant par une tige unique.

Le grand piston porte deux tiges agissant par une bielle en retour sur la manivelle correspondante.

Les deux manivelles du groupe sont à 180° l'une de l'autre.

Les deux arbres coudés, desservant chacun un groupe, font entre eux un angle de 90°.

Chaque groupe constitue donc un ensemble complet de machine à 4 cylindres (système Compound).

Les tiroirs sont montés deux à deux sur un même système de tiges et actionnés par des coulisses Stephenson, mues par un appareil de mise en train à vapeur.

Les pompes à air, alimentaires et de cale, sont mues directement par les tiges de piston des machines.

Les pompes de circulation rotatives, actionnées par de petites machines spéciales, sont disposées de manière à servir au besoin à l'épuisement de la cale.

Les condenseurs à surface sont munis de tubes horizontaux dans l'intérieur desquels circule l'eau de condensation.

La machine conduit la ligne d'arbres par l'intermédiaire d'un joint à la cardan.

Le vireur fonctionne à bras ou au moyen d'une petite machine à vapeur spéciale.

L'hélice, en bronze à quatre ailes déployées, recourbées en forme de sabre, pèse environ 17,000 kilog.

Les chaudières comprennent douze corps à quatre foyers du type haut renforcé à la marine française.

Les dimensions principales des machines et chaudières sont les suivantes :

Diamètres des grands cylindres.	2m,05	Surface de grilles des chaudières	88m²,32
— petits cylindres.	1 ,42	— de chauffe totale . .	2,232m²,00
Course des pistons.	1 ,00	Timbre	2k,25
Nombre de tours.	78		

L'équipage, y compris 163 hommes du personnel de la machine, comprend 554 hommes.

Le *Journal officiel* du 15 février 1878 a rendu compte des essais du Tourville ; nous en extrayons les passages suivants :

« Ce magnifique bâtiment, qui au cours de ses expériences a montré les qualités nautiques les plus remarquables, est actuellement disponible pour tout service de croisière ou de campagne lointaine que l'on voudra bien lui confier.

» Le résultat des expériences a pleinement justifié les prévisions, car la machine a fourni 7,340 chevaux en donnant au croiseur une vitesse de 16n,93, moyenne de nombreux parcours effectués sur la grande base des îles d'Hyères. Les qualités nautiques n'ont pas été inférieures au rendement de vitesse.

» Le Ministre de la marine, pour expérimenter complétement ce nouveau type, avait prescrit de faire exécuter au Tourville une croisière d'une durée suffisante pour lui fournir l'occasion d'évoluer et de naviguer par tous les temps et sous toutes les allures. Cette expérience concluante n'a fait que confirmer les excellents résultats précédemment acquis. Les conditions de temps que le Tourville a rencontrées à la mer ont varié du calme au coup de vent. Dans toutes les circonstances de mer maniables, les virements de bord (vent devant et vent arrière) se sont toujours accomplis avec certitude.

» Le Tourville se comporte bien sous toutes les allures. Il a tenu la cape, par vent grand frais et par coup de vent sans le secours de sa machine ; mais il convient de faire observer qu'il serait préférable, par temps forcé, de tenir la cape à la vapeur sous les goëlettes, afin d'éviter les secousses qui se manifestent à l'arrière du navire et qui pourraient, à la longue, compromettre la solidité du gou-

vernail. Le roulis et le tangage ont toujours été doux et d'une amplitude modérée, même par mauvais temps et grosse mer. Sous tous les rapports, le TOURVILLE s'est bien comporté dans l'allure du vent arrière.

» Son approvisionnement de charbon atteint 800 tonneaux et lui permet d'entreprendre, à la vapeur, une croisière de longue haleine.

» L'achèvement de ce beau type de notre flotte fait le plus grand honneur aux ingénieurs qui en ont donné les plans et à notre industrie privée, qui a exécuté la coque et les machines. La réalisation complète des espérances qu'il avait fait concevoir démontre amplement que la science de l'architecture navale n'est pas tombée en décadence parmi nous, et que nos ingénieurs continuent, comme par le passé, à être à la hauteur de leur mission.

» Aujourd'hui que le TOURVILLE est entré dans le service actif de la flotte, on peut dire que si la France a été distancée, au début, pour l'exécution des grands croiseurs, elle a créé et possède actuellement un bâtiment d'une vitesse supérieure à celle de tous les navires de cette catégorie. »

Le DUGUAY-TROUIN a été mis en chantier en 1873.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	88m,40	Tirant d'au moyen.	5m,15
Largeur —	13 ,05	Déplacement.	3,117T
Profondeur de carène	4 ,80	Surface immergée de maître couple	53m² 62

La coque est construite de la même manière que celle du DUQUESNE. Son poids est de 1,600 tonnes.

L'artillerie, placée sur les gaillards, se compose de 5 canons de 14c/m : 1 tirant en chasse, les 4 autres disposés dans des demi-tourelles saillantes, et de 5 canons de 14c/m, dont 1 en retraite.

Ce navire est mâté en trois-mâts carrés : sa surface de voilure est de 1440m².

La machine, construite à Indret, est du système Compound, à 6 cylindres horizontaux : 3 grands et 3 petits.

Les chaudières, à moyenne pression (2k,25), sont en 8 corps; nombre des foyers, 34; surface de grille, 46m²,20.

La machine doit développer 3,740 chevaux, ce qui permettra d'atteindre une vitesse de 16 nœuds.

L'approvisionnement de charbon est de 430 tonnes.

Le VILLARS a été mis en chantier en 1875. Au même type appartiennent le FORFAIT, le MAGON et le ROLAND.

La coque est en bois. Son poids prévu est de 1,000 tonneaux.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison	76 ,00	Tirant d'eau moyen	4m,85
Largeur —	11 ,60	Déplacement.	2,268 T
Profondeur de carène	4 ,63	Surface immergée du maître couple	41,m²68

L'artillerie est composée de 5 canons de 16c/m et de 9 canons de 14c/m, tous sur les gaillards ; un des canons de 14c/m est sur la teugue, un autre sur plateforme à l'arrière.

Ce croiseur est mâté en trois-mâts carrés ; la surface de voilure est de 1,300m².

La machine, construite à Indret, doit développer 2,500 chevaux ; la vitesse prévue est de 15n,5. L'approvisionnement de charbon est de 400 tonnes.

Le LAPÉROUSE a été mis en chantier en 1875. Le *d'Estaing*, le *Monge* et le *Nielly* sont construits sur les mêmes plans.

Dimensions principales :

Longueur à la flottaison.	80^{m}00	Tirant d'eau moyen.	5^{m}20
Largeur —	11^{m}40	Déplacement.	2.236 T
Profondeur de carène.	4^{m}60	Surface immergée du maître couple	40^{m2}31

Construit pour répondre au même but que le *Villars*, le *Lapérouse* aura même artillerie et même vitesse.

L'ECLAIREUR a été mis en chantier en 1874. Le *Rigault de Genouilly* a été construit sur les mêmes plans.

Dimensions principales :

Longueur à la flottaison.	72^{m}00	Tirant d'eau moyen.	4. 50
Largeur —	10^{m}80	Déplacement.	1.643 T
Profondeur de carène.	4^{m}04	Surface immergée du maître couple	34^{m2}

La coque est construite en bois ; elle pèse 790 tonneaux.
L'artillerie se compose de 8 canons de 14$^{c}/^{m}$ sur les gaillards.
L'*Eclaireur* est mâté en trois-mâts barque ; la surface de voilure est de 1,250^{m2}.
La machine, construite à Indret, est du système Compound ; 6 cylindres, 3 grands et 3 petits.
Les chaudières sont cylindriques à haute pression (4 kil. 13) ; elles se composent de 5 corps à 2 foyers chacune ; la surface de grille est de 23^{m2}42.
Cet appareil doit développer 1,900 chevaux, ce qui permettra d'atteindre une vitesse de 15 nœuds.
L'approvisionnement de charbon est de 210 tonneaux.

Le CHASSEUR a été mis en chantier 1873, sur les plans de M. Sabattier. Les navires du même type sont : le *Bisson*, le *Labourdonnais*, le *Chasseur*, le *Voltigeur*, le *Lancier* et le *Hussard*.

Dimensions principales :

Longueur à la flottaison.	60^{m}80	Tirant d'eau moyen.	3. 25
Largeur —	8^{m}67	Déplacement.	794 T
Profondeur de carène.	3^{m}11	Surface immergée du maître couple	18^{m2}72

La coque est construite en bois. Son poids est de 390 T.
L'artillerie se compose de 4 canons de 14$^{c}/^{m}$, dont un sur la teuge.
Le *Chasseur* est mâté en trois-mâts barque. La surface de voilure est de 823^{m2}.
La machine, construite à Indret, doit développer 700 chevaux indiqués.
Les chaudières sont à haute pression (4 kil. 13).
Lors des essais faits sur le *Bisson*, au tirant d'eau de 3^{m}37, la vitesse atteinte a été de 12 n. 18, la force développée étant de 849 chevaux. L'approvisionnement de charbon est de 110 tonneaux.
Le *Bisson* a tourné en 4^{m}19^{s} dans un cercle de 360^{m} de diamètre.

L'ALLIER a été mis en chantier en 1875, sur les plans de M. Sabattier. On construit sur les mêmes plans la *Nièvre*, le *Drac*, la *Saône* et la *Romanche*.

Dimensions principales :

Longueur à la flottaison	63m70	Tirant d'eau moyen	4m49
Largeur —	10m50	Déplacement	1.597 T
Profondeur de carène	4m16	Surface immergée du maître couple.	34m²

La coque est construite en bois, son poids est de 820 T.

L'artillerie se compose de 4 canons de 14c/m, dont un sur la teugue et un sur la dunette.

Ce navire peut porter 220 tonneaux de chargement.

Il est mâté en trois-mâts barque, la surface de voilure est de 1.210m².

La machine de la force de 150 chevaux nominaux, construite à Indret, est à 3 cylindres horizontaux, avec introduction au cylindre milieu.

Les chaudières sont cylindriques à haute pression (4 k.) : elles se composent de 2 corps à 2 foyers.

L'approvisionnement de charbon est de 180 tonneaux.

L'ANNAMITE a été mis en chantier en 1872. Au même type appartiennent le *Mytho*, le *Shamrock*, le *Tonquin*, le *Bien-Hoa* et le *Vinhlong*.

Dimensions principales :

Longueur à la flottaison	105m00	Tirant d'eau moyen	6m60
Largeur —	15m32	Déplacement	5.429 T
Profondeur de carène	6m25	Surface immergée du maître couple	74m²81

La coque de l'*Annamite* est construite dans un système composite, avec bordé en bois. Les autres navires du même type sont construits en fer et acier.

Ce transport porte une voilure en trois-mâts carrés ; la surface est de 1.854m².

Destiné à porter des troupes ou des malades, l'*Annamite* peut recevoir 792 passagers dont 136 malades couché dans les hôpitaux ; si le nombre des malades est plus considérable, on peut établir 112 couchettes démontables dans les postes de passagers.

La machine, construite au Creusot, est à pilon, à 2 cylindres, avec introduction dans le cylindre milieu.

Les chaudières sont cylindriques à haute pression (6 k.) ; elles se composent de 8 corps à deux foyers chacun, la surface de grille est de 33m,²50.

Aux essais faits au tirant d'eau de 6m,57, la vitesse réalisée a été de 13m,06, la machine développant une puissance de 2.479 chevaux. L'approvisionnement de charbon est de 700 tonneaux.

La ventilation a été l'objet d'une attention spéciale à bord de l'*Annamite*. Elle se fait par aspiration. L'air vicié est conduit par une canalisation spéciale, des différentes parties du navire, à la cheminée d'appel, formée par l'enveloppe de la cheminée de l'appareil. Le tirage nécessaire à l'aspiration est obtenu, quand la machine fonctionne par l'échauffement de l'air, au contact des parois chauffés par les gaz de la combustion, et au repos par un foyer spécial établi à la base de la cheminée d'appel. Ces dispositions ont été proposées et exécutées par M. l'Ingénieur Bertin. Les traversées accomplies par le bâtiment ont prouvé que ce navire hôpital se trouve dans des conditions d'hygiène excellentes.

Le SHAMROCK représenté à l'Exposition par une photographie et le TONQUIN, en cours de construction sur les chantiers de Graville (Havre) et de la Seyne (Toulon), sont deux navires identiques exécutés sur les plans des ingénieurs de la marine, et destinés au transport des troupes et du matériel dans nos colonies de Cochinchine.

Le *Shamrock*, mis sur cale à la fin de 1876, vient d'être lancé, le 17 avril 1878. Le *Tonquin* sera mis à l'eau au mois d'octobre 1878.

Dimensions principales :

Longueur	105m00	Tirant moyen au milieu	6m262
Largeur	15m33	Déplacement	5,429tx
Creux	11m978		

Les machines, sont exécutées dans les ateliers de la Cie des forges et chantiers au Havre et à Marseille. Elles sont verticales, à pilon et du système dit Compound. Chacune d'elles comporte trois cylindres conjugués sur un même arbre moteur et deux condenseurs tubulaires servis par deux pompes à air. La circulation de l'eau dans les condenseurs est établie à l'aide de pompes centrifuges indépendantes.

Les dimensions des machines sont les suivantes :

Diamètre du cylindre d'admission.	1m40	Course commune des pistons.	1m00
— des deux cylindres de détente	1m86	Nombre de tours	66
		Puissance en chevaux indiqués.	2,640

L'appareil évaporatoire, en huit corps cylindriques timbrés à 4k133, présente 640 mètres carrés de surface de chauffe.

Le Crocodille a été mis en chantier, en 1873. La coque est construite dans le système composite et pèse 230T.

Dimensions principales :

Longueur à la flottaison	43m20	Tirant d'eau moyen	2m51
Largeur —	7m30	Déplacement	460T
Profondeur de carène	2m45	Surface immergée du maître couple	15m²

L'artillerie se compose d'un canon de 19c/m sur affût à pivot central au centre du navire, et de 2 canons de 10 c/m, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière.

Ce navire est mâté en trois-mâts; la surface de voilure est de 533m².

La machine, construite par M. Claparède, à St-Denis, est à deux cylindres, système Woolf, à haute pression. Les chaudières cylindriques à 4 foyers fonctionnent à 4 kil. 21. La surface de grille est de 4m²68.

Lors des essais, au tirant d'eau de 2m50, la machine développant 457 chevaux, le navire a atteint une vitesse de 9n7. L'approvisionnement de charbon est de 50T.

Cette canonnière tourne en 2m45s dans un cercle de 225 de diamètre; en portant à 4m25s la durée de l'évolution, par une réduction de la vitesse, on réduit à 170m le diamètre du cercle de giration.

Les torpilleurs. — Nous voyons apparaître une classe de bateaux entièrement inconnue aux expositions précédentes.

Avant de décrire les *bateaux-torpilleurs* exposés, quelques mots d'introduction sont nécessaires.

Les détails de construction de la torpille Whitehead sont demeurés secrets. Seuls, quelques traits généraux sont tombés dans le domaine public. L'engin est fusiforme. Il est fait d'un métal mince, fer ou acier ; l'extrémité avant contient la matière explosible; vient ensuite un réservoir à air occupant environ la moitié de la longueur de la torpille; en arrière est une machine mûe par l'air du réservoir et qui actionne une hélice. Un mécanisme extérieur règle la profondeur

à laquelle doit se tenir la torpille et fixe sa marche en ligne droite sous l'eau. La distance que l'engin peut ainsi parcourir est de 200^{m} à 2 kilomètres, alors que sa vitesse varie de 18 à 9 nœuds : avec une vitesse de 5 nœuds il peut encore déterminer, dit-on, à 4 kilomètres l'explosion d'un objet frappé.

Presque tous les États ont acheté de l'inventeur le droit d'employer la torpille Whitehead, et en poursuivent l'étude, l'Angleterre à l'arsenal royal de Woolwich, l'Italie à Venise, la France à Rochefort, l'Autriche à Fiume résidence de l'inventeur, l'Allemagne dans la mer du Nord.

Des bateaux *torpilleurs* ont été imaginés pour le service de la torpille et son lancement sous l'eau. La grande difficulté était de réaliser une grande vitesse avec des torpilleurs de petite dimension. M. Thornycroft constructeur de yachts à vapeur à Chiswick sur la Tamise présenta une solution qui demeurera célèbre. Déjà en 1872, son MIRANDA long de 15^{m},25 avait atteint la vitesse de 16 nœuds $^{1}/_{4}$; à cette époque la torpille Whitehead débutait. Le gouvernement Suédois, en 1873 lui fit la commande d'un torpilleur. En voici les dimensions :

Longueur 17^{m},65, largeur 4^{m},20, tirant d'eau 0^{m},91.

Il est construit en acier, avec une extrême économie de poids; il en est de même de la chaudière et de la machine. Celle-ci est du type *Compound* à deux cylindres, avec condenseur à surface; une petite caisse contient la provision d'eau douce qui doit suppléer aux pertes résultant des fuites de vapeur. Le propulseur est une hélice dont les ailes sont disposées et conformées d'une façon particulière à l'inventeur. La vitesse atteint 17 nœuds.

Un bateau THORNYCROFT a été commandé, par la France, à l'inventeur et essayé dernièrement à Cherbourg. Une vieille corvette la BAYONNAISE, choisie pour l'expérimentation, prit la remorque d'un bâtiment à vapeur et le THORNYCROFT, partant d'une distance de 3 ou 4 milles, se mit en marche pour l'attaquer. Il ne dépassait l'eau que faiblement et sa peinture spéciale aidait à le faire confondre avec les vagues. Le remorqueur filait 13 nœuds, le THORNYCROFT 17. La chasse dura environ une heure. A la fin, la BAYONNAISE fut atteinte et détruite, si bien qu'aucun vestige n'en fut revu. Quant au THORNYCROFT, il regagna l'escadre, aux grands applaudissements des témoins de cette expérience qui fit le plus grand honneur aux courageux marins qui se trouvaient à son bord.

Il est certain que, signalé par un navire de guerre, un bateau THORNYCROFT pourrait être à distance coulé par un coup de canon. D'un autre côté il est probable qu'un cuirassé même du type le plus formidable aurait peine à se défendre contre une flotille de THORNYCROFT et comme un de ses bateaux ne coûte que le $^{1}/_{50}$ d'un cuirassé de premier rang, l'expérience qui vient d'être relatée jette un grand inconnu sur les éventualités des combats navals de l'avenir.

Le bateau TORPILLEUR qu'exposait la Compagnie des forges et chantiers et qu'elle a construit pour la marine française, a réalisé une vitesse supérieure à 18 nœuds.

Ce résultat est d'autant plus remarquable que la carène est en acier zingué et conserve une rugosité qui augmente dans une grande proportion la résistance due au frottement des filets liquides. Nous en indiquons la disposition fig. 20.

Dimensions principales :

Longueur, 27^{m},25. — Largeur, 3^{m},30. — Creux sur quille, 1^{m},46.

Le revêtement de la coque est en acier. Ses épaisseurs sont de 5^{mm}, 4^{mm} et 3^{mm},5 au bordé extérieur; 5^{mm} au dôme-abri : 5^{mm} et 3^{mm} au bordé de pont. Il est recouvert d'une toile peinte.

La machine, exécutée dans les ateliers de Menpenti, est du système Compound, à 3 cylindres. Le condenseur tubulaire est indépendant de la machine. La chau-

dière, du système des chaudières locomotives, est en tôle d'acier. L'air nécessaire à l'alimentation du foyer est fourni par un ventilateur qu'actionne un moteur spécial. Voici les données principales qui s'y rapportent :

Diamètre des grands cylindres. .	$0^m,420$	Surface des grilles.	$1^{m2},950$
— du petit cylindre.. . .	$0^m,350$	— de chauffe.	$58^{m2},30$
Course des pistons..	$0^m,350$	Timbre	8^k, 430
Nombre de tours environ.. . . .	350	Poids de l'appareil moteur y compris l'eau des chaudières du condenseur, etc.	15^{tx}
Puissance indiquée.	350^{ch}		

Le gréement. — Nous ne quitterons pas l'Exposition de la marine française sans parler de ce qu'elle offrait d'intéressant pour le *gréement* des navires, question qui conserve toute son importance pour la marine à voiles. Nous avons trouvé en première ligne, le modèle de gréement du vaisseau-transport le

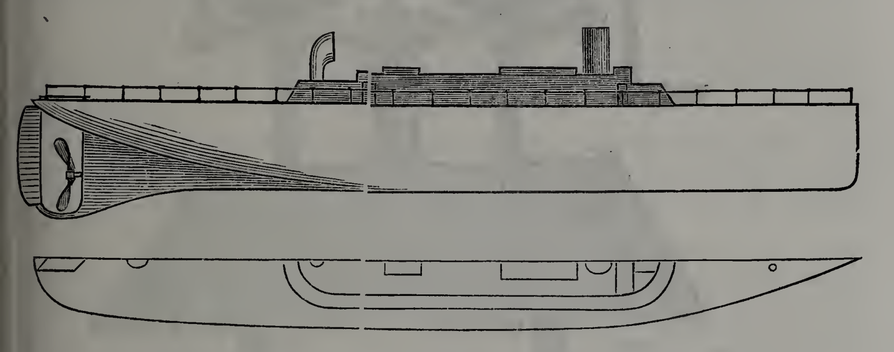


Fig. 20. — Bateau-torpilleur (construit par la Cie des Forges et chantiers de la Méditerranée).

Tage. Ce système proposé par l'amiral Mottez pour les navires munis de doubles huniers a reçu de nombreuses applications et donne dans la pratique des résultats satisfaisants. Il est représenté, pl. XVI.

Le système de double huniers de M. le contre-amiral Mottez est appliqué aux trois phares, lesquels doivent être brassés différemment, pour que l'on puisse juger du fonctionnement dans toutes les positions. La vergue inférieure est suspendue au moyen d'une suspente de fil de fer faisant dormant à mi-ton du mât de hune sur deux taquets; elle est tenue au moyen d'une drosse passée à la façon ordinaire dans des moques à rouets au lieu de cosses Cette drosse se manœuvre au moyen d'un palan dont la poulie supérieure à une pantoire dans le caplage du mât de hune. Les palans de roulis sont placés comme à l'ordinaire; les balancines de cette vergue sont maintenues toujours raides pour consolider la vergue inférieure et pour empêcher l'apiquage des phares, ce qui permet de bien orienter avant d'amener les basses voiles.

La vergue supérieure porte les deux itagues; elle est guidée par la suspente de la vergue inférieure qui lui sert de mât de corde. Son racage est un matagot fixé sur l'arrière de la vergue dans lequel passe le mât de corde. Cette vergue est munie de drosses palans de roulis que l'on a soin d'affoler en bonde quand elle est hissée afin que rien ne l'empêche d'amener dans un grain. Quand elle amène, elle est guidée par son mât de corde qui la conduit où elle doit se placer sur la vergue inférieure et comme les balancines de l'inférieure, tenues toujours raides, les maintiennent en bas; il est inutile de toucher ses bras pour l'amener dans un grain. C'est le système réglementaire des transports de l'État.

Nous trouvions également au Champ-de-Mars une machine, construite au port de Cherbourg (système le Faucheur) employée à placer les cosses sur les ralingues des voiles et qui, en usage depuis 1858 dans nos ports de guerre, donne de bons résultats.

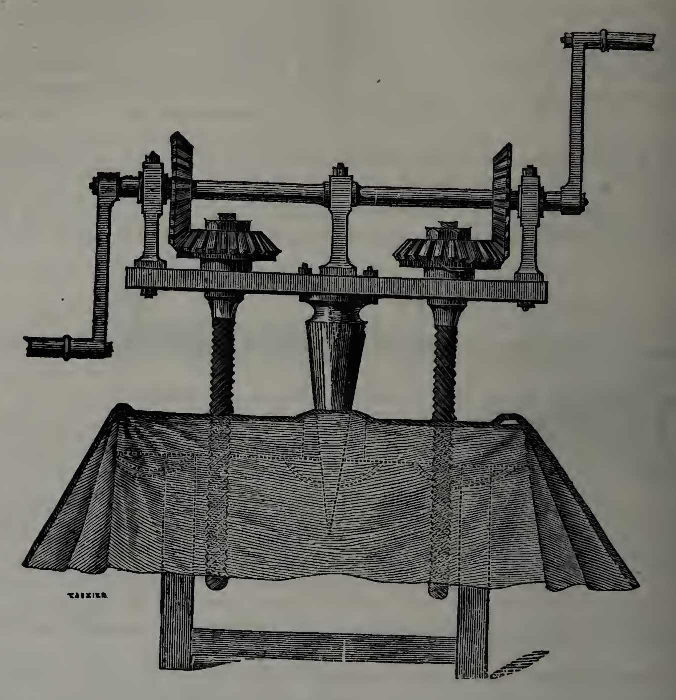


Fig. 21.—Machine servant à placer les cosses sur les ralingues des voiles (système Le Faucheur, port de Cherbourg).

Cette machine représentée fig. 21, se compose d'une presse installée sur un établi en bois percé d'un trou rond au milieu et d'un burin disposé à sa partie supérieure pour recevoir la cosse et devant passer par le trou de l'établi.

Pour mettre la cosse en place, on pose la patte dans laquelle la cosse doit entrer au-dessus du trou de l'établi, on introduit le burin dans la patte et on pose la cosse sur l'engoujure du burin. On tourne alors la presse jusqu'à ce que le burin tombe au-dessous de l'établi et la cosse reste enfermée dans la patte.

En résumé, la classe 67 nous présentait trois catégories de navires, composant aujourd'hui la marine militaire : les cuirassés, les croiseurs, les avisos; ensemble que complètent, des canonnières, des torpilleurs, et, d'autre part, des transports.

Tels sont les éléments de la flotte active. La France y consacre annuellement 48 millions (le chiffre correspondant du budget de la marine anglaise est de 105 millions). Elle y emploie 17,350 marins embarqués, auxquels s'ajouteraient en cas de guerre : 100,000 hommes désignés par l'inscription maritime, 30,000 matelots naviguant au commerce, 10,000 réservistes fournis par le service obligatoire.

MARINE MARCHANDE.

Les progrès de la métallurgie et ceux des machines marines dont nous avons vu les résultats considérables dans la rénovation des types de la marine militaire, ont également marqué leurs traces profondes dans la marine du commerce. L'Exposition universelle de 1878 nous en offrait des témoignages éloquents.

Ici, toutefois, les éléments d'appréciation sont bien différents. Rien d'analogue à ces qualités exclusivement militaires, tenant à la résistance de la cuirasse, à la puissance de l'artillerie, etc. Tout autres sont les caractéristiques, lorsqu'il s'agit du transport des marchandises : recevoir, sous le moindre volume, le plus grand chargement possible, le transporter avec le maximum de vitesse, telles sont les conditions dominantes auxquelles s'attachent l'armateur, comme touchant le plus intimement ses intérêts. Elles ne sont pas les seules; pour être d'un bon rapport, le bâtiment doit être construit avec économie et solidité. Il sera parfait, commercialement parlant, si, aux avantages de capacité et de vitesse que nous avons signalé tout d'abord, il joint ceux du faible prix d'achat et de la durée.

Le rendement économique du matériel naval marchand d'une nation n'est donc pas absolument représenté par le nombre des navires et le chiffre de leur tonnage; et c'est une difficulté que rencontre la statistique de le dégager d'éléments aussi complexes.

Divers documents, le *Répertoire général de la marine marchande* du *Bureau véritas*, les publications du *Globe marine insurance company*, etc., donnent la supputation des navires et des tonnages marchands des diverses nations maritimes. Leurs tableaux sans être identiquement semblables, s'accordent avec les chiffres ci-après dont nous croyons intéressant de présenter le relevé, en désignant les nations suivant l'ordre numérique du tonnage total.

PROVENANCES.	NAVIRES A VOILES.		NAVIRES A VAPEUR.		Tonnage total.
	Nombre des navires.	Tonnage.	Nombre des navires.	Tonnage.	
1° Angleterre	19,000	5.650,000	3,215	3.350,000	9.000,000
2° États-Unis	6,800	2.250,000	570	750,000	3.000,000
3° Norwège	4,440	1.380,000	122	55,000	1.435,000
4° Italie	4,500	1.295,000	112	96,000	1.391,000
5° Allemagne	3,300	876,000	223	243,000	1.119,000
6° France	3,300	667,000	272	320,000	987,000
7° Espagne	2,830	558,500	227	176,500	735,000
8° Russie	1,790	405,000	148	105,000	510,000
9° Hollande	1,345	380,000	118	120,000	500,000
10° Suède	2,030	401,000	214	89,000	490,000
11° Grèce	2,070	422,700	12	7,300	430,000
12° Autriche	815	296,000	76	82,000	378,000
13° Danemark	1,270	186,000	92	61,000	247,000
14° Amérique du Sud	314	115,000	82	65,000	180.000
15° Portugal	449	106,500	26	22,500	129,000
16° Turquie et Égypte	302	49,500	32	29,000	78,500
17° Belgique	38	18,000	30	38,000	56,000

Quelques mots sur les conditions économiques et la situation actuelle de la marine marchande en France, ne seront pas hors de propos.

Edicté en 1807, notre code de commerce n'est, dans son livre II relatif aux questions maritimes, que la reproduction de l'ordonnance de Colbert de 1681. Tant de changements ont été amenés par la navigation à vapeur et l'accroissement des relations internationales que cette législation remarquablement étudiée en son temps, n'est plus aujourd'hui en rapport avec les conditions nouvelles qui ont surgi.

Sur les instances des chambres de commerce, la révision du livre II du code de commerce, dans ces dernières années, a été l'objet de sérieuses études de la part des ministres compétents et des chambres. Nous devons citer dans l'ordre historique, la Commission présidée par M. Béhic dont le rapport (rapporteur M. Vernier) a été terminé en 1870; la Commission formée par décret du 15 octobre 1873 pour étudier *les moyens les plus efficaces de venir en aide à la marine marchande et d'assurer sa prospérité* (rapporteur M. Dupuy de Lôme); la Commission parlementaire qui a publié son rapport (rapporteur M. Le Cesne) en 1877 (1); celle, qui chargée d'examiner les projets de loi sur la marine marchande a déposé le sien le 17 mai 1878 (2) (Rapporteur M. Desseaux).

L'objectif est de faciliter le recrutement des matelots (d'où les questions des frais de maladies, de rapatriement, du règlement des salaires après un naufrage, etc.); d'encourager la construction navale et les armements (d'où les questions de compensations attribuables aux constructeurs français à raison des droits d'entrée sur les métaux, des acquits à caution, d'importation des navires étrangers, des patentes des amateurs, des droits divers de pilotage, quai, courtage des surtaxes de pavillon, etc.), de vivifier, en quelque sorte, l'organisation de la marine marchande par le développement du crédit maritime (d'où les questions de l'organisation de l'hypothèque maritime, d'une société de crédit maritime, etc.).

Depuis la loi du 19 mai 1866, celles des 30 janvier 1872 et 28 juillet 1873 concernant les surtaxes de pavillon; celles du 10 décembre 1874 sur l'hypothèque maritime (3) du 5 février 1877 révisant divers articles du code de commerce, touchent quelques-uns de ces points; mais loin qu'ils soient tous résolus par des dispositions d'une cohésion complète, on peut dire que la question de la marine marchande demeure entière avec son immense intérêt d'actualité et sa vaste portée nationale. Elle a été résumée, en dernier lieu, dans le rapport de la Commission parlementaire de 1877 cité plus haut avec ce but supérieur et défini : « La marine marchande et son relèvement par la France et pour la France. »

Après avoir, par des chiffres, montré la décadence de notre marine du commerce, cet éloquent rapport dit : « le pays en suit et en mesure jusqu'aux « moindres traits; il en pénètre les ombres et la lumière avec cet instinct « national à la portée de tous, qui, rarement dans l'erreur, vaut une science « d'Etat. Six cents lieues de côtes à protéger, trois mers à commander! Tel « est pour tous l'apanage géographique de la France, et elle doit à ses destinées « d'y tenir ouvertes les grandes pages déjà inscrites. » Et plus loin : La marine « marchande va périr! Coûte que coûte, il faut qu'elle vive! Il n'y a plus un « instant à perdre, plus une faute à commettre. »

« La marine marchande, dit M. Le Cesne, a beaucoup souffert, et comme toutes les industries en souffrance, elle en attribue la responsabilité à un fait

(1) Voir *Journal officiel* du 3 au 17 octobre 1877.
(2) Voir *Journal officiel* du 7 et 8 juin 1878.
(3) Cette institution réglementée, en Angleterre. sous le nom de *Mortgage* par le *merchand shipping act* de 1854 a contribué pour une grande part au merveilleux développement de la marine commerciale de la Grande-Bretagne.

immédiat et saisissable qui, le plus souvent, bien loin d'être la cause première du mal, n'est que la conséquence toute simple d'une évolution sociale, commerciale et économique. Cet agent responsable de leur ruine, marins et armateurs ont cru le trouver dans la loi de 1866, quand, bien avant cette époque, la marine ne vivait plus que d'expédients. ».

Les remèdes, la commission parlementaire est disposée à la voir dans la multiplicité des moyens qui, inefficaces dans leur isolement, deviendraient tout puissants par la cohésion. Nous ne pouvons nous dispenser de citer quelques extraits de la conclusion du rapport.

« Oui! dit la Commission, la marine française peut et doit retrouver cette vitalité puissante qui fut si longtemps un élément de richesse et de grandeur pour le pays! Avec Cromwell en Angleterre, avec Colbert en France, avec les Philippe en Espagne, la première époque s'était ouverte au cours du XVIIe siècle, en s'appuyant sur le pacte colonial, le système étroit de l'isolement, les monopoles et la protection, et comme couronnement obligé, la tutelle autoritaire de l'Etat. La seconde moitié du XIXe siècle brise avec toutes ces restrictions, et, consacrant les principes de la liberté des échanges, n'en tempère plus l'application qu'à titre d'exception. C'est cette transaction forcée qu'il s'agit d'accepter résolûment et de poursuivre avec intelligence et fermeté, quand nous avons charge de conserver à la France, dans l'époque nouvelle, la plus grande place qu'elle s'était faite dans l'ancienne. L'hésitation serait-elle, du reste, permise si elle était possible entre l'exemple de l'Angleterre et les résistances de l'Espagne? Aux colonies, qui n'existent plus, aux marchés réservés, au pavillon national privilégié, nous substituons la mer libre, les ports et les marchés du monde. Sûrement la part nouvelle est léonine, nous donnons moins pour recevoir plus, si la condition première et essentielle de la concurrence est comprise, la lutte ouverte, la lutte portée chez ceux là mêmes qui viennent l'engager chez nous, la lutte de vitesse, du bas prix, du savoir faire, encouragée par une administration, non plus fiscale, tracassière et restrictive, mais paternelle, intelligente et prodigue de faveur et d'indulgence pour tout ce qu'il y a de courage et d'aventure s'abritant du pavillon français. Ainsi l'a compris l'Angleterre, qui sait tout ce que cette invasion pacifique de ses nationaux à l'étranger vaut de prestige, d'influence et de richesse à la mère patrie. »

L'économie du projet de loi rapporté, dans la séance du 17 mai 1878 par la Commission parlementaire se résume dans les points suivants : Abolition des surtaxes d'entrepôt; franchise de pilotage pour les navires au-dessous de 100 tonneaux; l'enregistrement des actes de ventes de navires réduit au droit fixe de 2 francs; droit proportionnel de patente d'armateur fixé, par tonneau de jauge, à 0^f,10 pour les longs courriers, à 0^f,05 pour la pêche et le cabotage; ouverture, pendant dix ans, au ministère de l'agriculture et du commerce 1° d'un crédit annuel de 2 millions pour favoriser la construction des navires, crédit réparti dans certains rapports tels que :

Par tonne de jauge brute	pour les navires en fer ou en acier.	60 fr.
— —	pour les navires en bois.......	20
Par 100 kil. des machines motrices mises à bord........		12

2° D'un autre crédit pour venir en aide à la navigation maritime et à répartir en prenant pour base l'unité de jauge nette et son mouvement par mois de navigation avec échelle décroissante, en raison inverse de l'âge des navires, telle que celle-ci.

De 1 à 9 ans........................	2^f,25
De 9 à 18........................	1^f,50
Au-dessus de 18........................	1^f

Le même projet dispose que les matières employées aux réparations, évaluées à l'état brut avant emploi, auront droit au montant des droits qui les frappent, sans qu'il y ait lieu à justification de leur importation sous forme quelconque. Cette disposition annulerait l'entrée en franchise des matières ainsi employées, tant sous la forme de l'identique que sous celle de l'acquit à caution.

Il comporte enfin l'organisation d'un *crédit maritime* propre à fournir à la marine marchande des ressources applicables soit à la construction soit à la navigation, le concours éventuel de l'Etat étant limité à 2 millions par an et pendant dix années.

Nous possédons pour la France la statistique complète, et pour toutes espèces de navigation, des navires de leur tonnage et de l'effectif de leurs équipages. Voici comment, d'après les derniers relevés, se présente cette flotte :

ESPÈCE DE NAVIGATION.	NAVIRES A VOILES.			NAVIRES A VAPEUR.		
	Nombre.	Tonnage.	Équipage.	Nombre.	Tonnage.	Équipage.
Petite pêche.	9,193	84,550	43,289	13	460	138
Grande pêche	397	49,071	9,838	»	»	»
Cabotage	2,478	107,171	9,298	126	9,754	1,038
Méditerranée et mers d'Europe	952	108,416	6,159	154	88,154	3,969
Long-cours	1,139	423,335	14,675	83	108,625	4,415
Service des ports, pilotage, remorquage	373	4,778	1,388	125	4,853	710
Yachts, navires de plaisance	41	495	154	10	409	67
Navires sans emploi ou présumés perdus	288	15,120	»	35	6,194	»
TOTAL	14,861	792,836	84,801	546	218,449	10,337

Dans ces chiffres ne sont pas compris les bateaux de 2 tonneaux et au-dessous, employés à la pêche en vue des côtes et à la récolte du varech : ils sont au nombre de 10955 jaugeant 15804 tonneaux et occupant 19430 hommes.

Les navires à voiles affectés à la navigation lointaine sont en général de l'espèce dite *Clipper*. Ces bâtiments de grande marche dont la construction ne remonte pas au-delà des vingt dernières années sont caractérisés par une longueur égale à environ cinq fois leur largeur, et par une voilure supérieure à celle des anciens modèles. Peu de modifications ont été apportées au type bien connu depuis son apparition.

Il n'en est pas de même pour les bâtiments à vapeur. Depuis 1867, ils montrent des modifications très-sensibles. Leurs dimensions et leurs puissance sont augmentées, la haute pression est devenue généralement adoptée et les vitesses que, naguère, on regardait comme extrêmes, sont aujourd'hui dépassées. En même temps, la consommation de charbon s'est réduite dans une proportion inattendue, grâce à l'emploi simultané des chaudières à haute pression, des condenseurs à surface, des grandes détentes dans les machines dites *Compound :* Cette consommation est tombée à 1 kil. par heure et par cheval indiqué, alors qu'elle était encore de 2 kil. il y a seulement quelques années. En cela, réside un progrès considérable, au point de vue des relations commerciales; car ce résultat permet, pour une dépense donnée de charbon, de franchir une distance notablement plus grande, ou d'augmenter sensiblement le tonnage utile pour une même distance parcourue.

Depuis 1867 le prix du navire marchand a plutôt augmenté, par suite de l'accroissement de valeur des charbons, des fers et de la main-d'œuvre, par suite aussi des perfectionnements récemment apportés aux installations, et par l'introduction à bord, où jadis les travaux s'effectuaient à bras d'hommes, d'appareils mécaniques, tels que : grues, treuils à vapeur, appareils pour la manœuvre du gouvernail, etc.

LES PAQUEBOTS.

Paquebots transatlantiques sur New-York — (*Compagnie générale transatlantique*). — Les paquebots, le *Labrador*, la *France*, l'*Amérique* représentent la flotte de la Cie générale transatlantique affectée aux traversées sur New-York.

Dimensions principales.

Longueur de l'avant de l'étambot à l'arrière de l'étrave, à la flottaison en charge	120,00	Jauge brute	4,550^T
Longueur du maître couple hors tôles	13,40	Volume des cales et entreponts destinés aux marchandises	2455^{m3}
Creux sur quille, au milieu, à la ligne droite des baux du pont supérieur	11,62	Volumes destinés aux passagers de 3e classe, et aux émigrants et pouvant aussi au besoin recevoir des marchandises	1230^{m2}
Tirant d'eau maximum en charge	7,305	Déplacement ou poids total du bâtiment en charge	7715^T

Ce poids total 7715 tonneaux se répartit comme suit :

Coque emménagée, *gréée et approvisionnée*	3822^T
Appareil moteur, comprenant : machines, chaudières, eau des chaudières, outillage et rechange	690$_T$
Charbon, marchandises et lest	3203^T

La machine est à 4 cylindres superposés deux à deux, un grand et un petit. Voici les données principales qui s'y rapportent :

Diamètre des grands cylindres	1^m,905	Nombre total des foyers	24
Diamètre des petits —	1,040	Surface totale de grilles	40^{m2}
Course des pistons	1,295	Surface totale de chauffe	980^{m2}
Surface tubulaire du condenseur	545^{m2}	Les soupapes de sûreté sont chargées par des ressorts, charge par c/m carré	4^k,223
Les pompes de circulation sont rotatives et à moteur indépendant.		Diamètre de l'hélice	5^m,800
Nombre de chaudières à 4 foyers chaque	6	Pas moyen	8,700

Aux essais, pour une puissance de 3370 chevaux obtenue avec 64 tours, la vitesse a été de 14^n,50. En service, comme moyenne du parcours entier, la puissance développée avec 58 tours est de 2600 chevaux, et la vitesse de 12 nœuds : la consommation par heure et par cheval, en employant du Cardiff à l'aller et du Cumberland au retour, est de 1 kil. à 1^k,10.

Le personnel comprend : 46 hommes d'équipage, pour le navire, 54 pour la machine, 32 pour le service des passagers.

Ces magnifiques paquebots offrent 55 cabines de 1re classe (114 lits et 52 canapés) 20 cabines de 2e classe (112 lits et 20 canapés), 50 couchettes de 3e classe; en outre ils peuvent recevoir 398 émigrants et possèdent un hôpital de 18 lits.

Dix compartiments étanches, susceptibles d'être fermés par une manœuvre rapide et faite des ponts supérieurs, assurent le bâtiment contre les risques d'abordages Il compte, en outre, de puissants moyens d'épuisement : 6 pompes à bras, 2 pompes de cale mues par la machine, 3 éjecteurs à vapeur, 3 pompes dites petits-chevaux et 1 pompe rotative à vapeur, ces quatres derniers appareils pouvant à eux seuls épuiser 380 mètres cubes à l'heure.

Les garanties contre l'incendie ne sont pas moindres : 2 pompes mobiles, 4 extincteurs plus 2 des petits-chevaux. De plus, un tuyautage spécial permet d'envoyer de la vapeur dans les soutes à charbon, les cales à marchandises, etc.

Nous achèverons la description en disant que ces paquebots possèdent un appareil à gouverner à vapeur qui, en 16 secondes, amène la barre à 25°; un phare électrique équivalent à 600 becs carcel; enfin un sifflet et une sirène à vapeur pour signaler la présence du bâtiment par les temps de brouillard.

Paquebots de la ligne des Antilles *(Compagnie générale transatlantique)*. — Les paquebots, *Ville de Saint-Nazaire, Ville de Brest, Ville de Bordeaux* représentent la flotte de la Cie générale transatlantique affectée au service des Antilles.

Dimensions principales.

Longueur de l'avant de l'étambot à l'arrière de l'étrave à la flottaison en charge	88m,50
Largeur au maître couple hors tôles	12,54
Creux sur quille, au milieu, à la ligne droite des baux du pont supérieur	8,75
Tirant d'eau maximum en charge	6,m10
Jauge brute	2630tx
Volume des cales et entre-ponts destinés aux marchandises	1490m³
Déplacement ou poids total du bâtiment en charge	4005tx

Ce poids total de 4005 tonneaux se répartit comme suit :

Coque emménagée, gréée et approvisonnée	1680tx
Appareil moteur comprenant : machines, chaudières, eau des chaudières, outillage, rechange	560
Vivres, eau douce, personnel, passagers, charbon, marchandises et lest	1765

L'appareil moteur comporte 2 hélices et se compose de deux machines distinctes ayant chacune un grand et un petit cylindre. Voici les principales données qui s'y rapportent :

Diamètre des grands cylindres	1m,80
Diamètre des petits —	1,08
Courses des pistons	0,900
Surface tubulaire	570m²
Nombre de chaudières à 3 foyers chaque	6
Nombre total des foyers	18
Surface totale de grilles	30m²
Surface totale de chauffe	700
Les soupapes de sûreté sont chargées, par c/m carré de	4k,13
Diamètre des hélices	3m,90
Pas moyen	7,00

Aux essais, pour une puissance de 2700 chevaux obtenue avec 83 tours la vitesse réalisée a été de 15n,20. En service, comme moyenne du parcours entier, la puissance développée, avec 66 tours, est de 1500 chevaux et la vitesse de 11 nœuds : la consommation par heure et par cheval, en employant du *Cardiff*, est de 1 kil. à 1k,10.

Le bâtiment présente sept compartiments étanches. Son personnel comprend 43 hommes d'équipage pour le navire, 41 pour l'appareil moteur et 34 pour le service des passagers.

Paquebot en fer à hélice de 1800 chevaux. — *(Société générale de transports maritimes à vapeur).* — La *France* a été construite en 1870-1871, par la Cie des forges et chantiers. Ce paquebot était destiné au transport de passagers, d'émigrants et de marchandises entre le port de Marseille et l'Amérique du sud.

Ses dimensions principales sont les suivantes :

Dimensions principales, coque et machine.

Longueur au pont supérieur. . .	$130^{m},00$	Déplacement correspondant.. . .	4890^{T}
Longueur à la flottaison..	125 ,00	Jauge légale brute..	3582
Largeur extérieur maxima. . . .	11 ,40	Jauge légale nette..	2150
Creux sur quille à la ligne droite des baux du pont.	11 ,09	Volume disponible pour les marchandises.	2547^{m^3}
Tirant d'eau moyen.	5 ,60		

Passagers de 1re classe.	36
Passagers de 2e —	156
Émigrants.	862
TOTAL	1,054

Poids disponible pour marchandises et charbon 1,833 tonneaux.

La machine est à trois cylindres égaux avec introduction dans le cylindre central.

Quatre corps de chaudières tubulaires à cinq foyers timbrés à 2 kil., forment deux groupes munis chacun d'une cheminée.

Diamètre des cylindres..	$1^{m},520$	Surface de grilles	35^{m^2}
Course des pistons.	1 ,200	Surface de chauffe.	840^{m^2}
Nombre de tours environ.	60		

Aux termes du marché, il devrait y avoir deux essais : 1° un essai de vitesse à pleine charge, dans lequel on devait soutenir l'allure de 12 nœuds ; 2° un essai de consommation à 11 nœuds environ, d'une durée de 12 heures, faisant ressortir une consommation de 34 tonneaux par 24 heures.

Dans un premier essai de vitesse, la *France* a réalisé une moyenne de $13^{n},303$ avec 2188 chevaux. Dans un second essai en poussant moins la machine, on a réalisé $12^{n},67$ avec 1812 chevaux.

Les essais de consommation accomplis à l'allure de $11^{n},34$ et avec 1250 chevaux ont permis de constater une consommation de 24828 kil. de charbon par 25 heures, ce qui correspond à $0^{k},827$ par heure et par cheval.

Dans la pratique, à la vitesse de route de 11 nœuds, la *France* ne brûle pas plus de 24 tonneaux de bon charbon par jour. C'est une économie de 10 tonneaux sur les prévisions. Depuis l'époque de sa livraison (juin 1871) jusqu'au 1er mars 1878 ce magnifique paquebot a effectué 26 voyages au Brésil et à la Plata, ayant ainsi parcouru 339144 milles sans avarie ni arrêt. Il est classé dans 1re division décorée du *Veritas*.

Paquebot en fer à hélice de 1300 chevaux. — *(Compagnie des chargeurs réunis).* — La *Pampa* et le *Don Pédro* ont été commandés à la fin du mois de décembre 1877. Ils doivent être affectés à un service régulier de passagers, d'émigrants et de marchandises entre le port du Havre et les ports de l'Amérique du Sud. Ce sont deux navires à spardeck surmonté d'un roof-salon pour les passagers. La hauteur de l'entre-pont sous le spardeck est suffisante pour y loger des chevaux.

La *Pampa* est construite sur les chantiers de la Seyne (près-Toulon). Le *Don-Pédro*, sur ceux de Graville (Havre).

L'appareil moteur est une machine à pilon du système Compound. Quatre corps de chaudières cylindriques à tubes en retour, timbrés à 5 kil. composent l'appareil évaporatoire.

Longueur à la flottaison.	100^m,50	Volume disponible pour les marchandises..	5000^{m3}
Largeur extérieure maxima . .	12 ,00	Passagers de 1re classe	40
Creux sur quille à la ligne droite des baux du spardeck.	9 ,52	Passagers de 2e —	20
Tirant d'eau moyen	6 ,04	Emigrants.	600
Déplacement correspondant . .	4850^T	Poids disponibles pour marchandises et charbon.	2650^T
Jauge légale brute..	2870 ,00		
Jauge légale nette	1722 ,00		

Diamètre des grands cylindres. .	1^m,80	Nombre de tours, environ.	68
Diamètre des petits — . .	0,90	Surface de grilles	16^{m2},00
Course des pistons	1,00	Surface de chauffe	383 ,36

Paquebot en fer à hélice de 700 chevaux. — *(Compagnie de navigation mixte, Cie Touache).* — Le *Soudan* a été construit en 1875 et affecté à un service de passagers et de marchandises entre le port de Marseille et l'Algérie.

La machine est à pilon du système Compound. La vapeur est fournie par deux corps de chaudières cylindriques, timbrés à 4^k,75.

Dimensions principales, coque et appareil moteur.

Longueur à la flottaison.	66^m,56	Poids disponible pour marchandises et charbon..	915^T
Largeur extérieure maxima. . . .	8 ,80	Nombre de passagers.	20
Creux des quilles à la ligne droite des baux du pont..	5 ,65	Diamètre du petit cylindre.	0^m,70
Tirant d'eau moyen	4 ,36	Diamètre du grand —	1 ,34
Déplacement correspondant	1610^T	Course des pistons	0 ,70
Jauge légale brutte.	810	Nombre de tours..	72
Jauge légale nette..	485	Surface de grilles	8^{m2}
Volumes disponibles pour chagement.	1415^{m3}	Surface de chauffe.	200^{m2}

Aux essais, le *Soudan*, à mi-charge, a réalisé une vitesse de 10^{nds},35 pour une puissance de 610 chevaux; une vitesse de 10^{nds},025 pour une puissance de 481^{ch},07 avec une consommation de 0^k,886 par cheval et par heure.

Paquebot en fer à hélice de 650 chevaux. — (*MM. Quesnel frères, au Havre*). — Le *Sully* a été construit en 1874 sur les chantiers de Graville; c'est un navire en fer, à spardeck, destiné à un transport de passagers et de marchandises.

Les machines sont verticales, à pilon, système Compound.

Dimensions principales, coque et machine.

Longueur.	75^m,00	Port en lourd disponible.	1,583^T
Largeur.	9 ,18	Nombre de passagers	28
Creux sur quille à la ligne droite du spardeck.	6 ,98	Puissance des machines.	650 chx
Tirant d'eau.	5 ,20	Diamètre du cylindre d'admission.	0^m,700
Déplacement.	2,160^T	Diamètre du cylindre de détente.	1 ,400
Jauge brute de douane sous spardeck.	1,160	Course des pistons.	0 ,900
Volume des cales	2,200^{m3}	Nombre de tours.	65
Volume des soutes	320	Surface de chauffe des chaudières.	180^{m2}
		Timbre des chaudières	4^{k}5
		Vitesse aux essais.	10^{nds}5

Depuis sa livraison, ce paquebot n'a cessé de faire le service le plus actif.

Paquebots en fer, à hélice de 600 chevaux. — *(Service combiné du chemin de fer de l'Ouest et de la London Brigton railway* C[ie]). — Le *Dieppe* et le *Newhaven* ont été construits en 1875, dans les chantiers de Graville, en vue d'un service régulier entre Dieppe et Newhaven destiné à établir la correspondance des têtes de ligne de ces deux villes.

Dimensions principales.

Longueur	51	Port en lourd disponible	215^{T}
Largeur	6,40	Puissance des machines	600^{chx}
Tirant d'eau	2,75	Vitesse réalisée aux essais	13^{nds}
Déplacement	603^{T}		

Le tirant d'eau maximum de 2^{m},75, avec un port en lourd de 215 tonneaux imposait des conditions d'excessive légèreté : le nombre de tours par minute a été porté à 120.

Ces deux paquebots n'ont pas cessé de naviguer dans les conditions les plus favorables, malgré les difficultés inhérentes à la nature du service auquel ils sont affectés.

Paquebot de 600 chevaux à hélice. — *(Compagnie générale transatlantique).* — Le *Vénézuela* a été construit en 1876, par la C[ie] des forges et chantiers, pour la C[ie] générale transatlantique qui l'a affecté au service auxiliaire des Antilles.

Les machines, du système Compound, sont verticales à 2 cylindres inégaux dans le système dit à pilon.

Dimensions principales, coque et appareil moteur.

Longueur	64^{m},00	Puissance des machines aux essais	620^{chx}
Largeur	9,00	Vitesse réalisée aux essais	11^{nds},5
Creux à la ligne droite du spardeck	6,72	Diamètre du petit cylindre	0 ,70
Tirant d'eau	3,50	Diamètre du grand —	1 ,40
Déplacement	1060^{T}	Course commune des pistons	0 ,80
Nombre de passagers	32	Nombre de tours	88
Port en lourd disponible	300^{T}	Surface de chauffe	180^{m2}

Paquebot en fer à hélice de 500 chevaux. — *(Compagnie de navigation marocaine, MM. Paquet et* C[ie]). — La *Meuse* a été construite en 1872, en vue d'un transport de passagers et de marchandises entre Marseille et Tanger.

Dimensions principales et appareil moteur.

Longueur au pont supérieur	76^{m},50	Poids disponible pour les marchandises et charbon	1200^{T}
Longueur à la flottaison	65 »	Passagers de 1re classe	8
Largeur extérieure maxima	9 »	Diamètre du petit cylindre	0,^{m}72
Creux sur quille à la ligne droite des baux du pont	7,30	Diamètre du grand —	1,60
Tirant d'eau moyen	4,80	Course des pistons	0,84
Déplacement correspondant	2100^{T}	Nombre de tours	70
Jauge légale brute	1296	Puissance des machines	700^{chx}
Jauge légale nette	778	Surface de grilles	8^{m2},60
Volume disponible pour les marchandises	2158^{m3}	Surface de chauffe	210^{m2}
		Vitesse aux essais	11^{nds},50

La consommation, à la vitesse de 10^{n},50 est ressortie à 12 tonneaux par 24 heures. Depuis six ans, ce paquebot n'a cessé de faire un service très-actif.

Paquebot en fer à hélice de 400 chevaux. — *Service des messageries de la Cochinchine, MM. Roque et Cie*). — Le *Nam-Vian* a été construit en 1876, pour le compte de MM. Roque et Cie, chargés, par le gouvernement colonial du service des Messageries de la Cochinchine. Il fait le service régulier de passagers et de marchandises, dans la rivière de Saïgon (Cochinchine) et sur les côtes de la Colonie.

Dispositions principales.

Longueur à la flottaison.	60,00	Jauge légale nette	405 ,00
Largeur extérieure maxima. . .	9,00	Volume disponible pour les marchandises	$826^{m3}00$
Creux sur quille à la ligne droite des baux du pont.	5,00	Passagers de 1re classe.	10
Tirant d'eau moyen..	3,60	Poids disponible pour marchandises et charbon..	$610^{T},00$
Déplacement correspondant.. . .	$1134^{T},00$		
Jauge légale brute.	675 ,00		

Le *Nam-Vian* a été disposé en vue du climat brûlant et des pluies torrentielles de la Cochinchine; le navire a un pont principal régnant de bout en bout. Sur l'avant de la tranche occupée par l'appareil moteur, se trouve un faux-pont bordé. A l'avant du pont principal, une teugue (ou gaillard d'avant, sert à la fois à loger l'équipage et à défendre le navire contre la mer debout. Profilant avec le pont de cette teugue, un pont léger porté sur des chandeliers, couvre tout le navire comme une tente. Sous cet awning-deck, un vaste roof fournit aux passagers un logement confortable.

Le commandant et les officiers ont leurs logements dans d'autres roofs établis sur l'awning-deck.

L'appareil moteur, exécuté aux ateliers de Menpenti, est constitué par une machine à pilon de système Compound, pourvue d'un condenseur très-puissant, à cause de la température élevée de l'eau de circulation. Les chaudières cylindriques sont timbrées à $4^{k},50$, et disposées pour brûler du bois de palétuvier, une fois le navire en service colonial.

Diamètre du grand cylindre. . .	$1^{m},200$	Nombre de tours..	90
Diamètre du petit — . . .	0 ,600	Surface de grilles	$6^{m2},00$
Course des pistons.	0 ,560	Surface de chauffe	140 00

Aux essais, la vitesse moyenne s'est élevée à $9^{n},98$, la machine développant 468 chevaux; la consommation a été de $0^{k},918$ pour une puissance moyenne indiquée de 410 chevaux environ.

LES LONGS-COURRIERS A VOILES.

Trois mâts barque en fer de 686 tonneaux. — (*Navigation de la mer des Indes : MM. Henry Bergasse et Cie de Marseille*). — *L'Henriette*, construite en 1874 aux chantiers de la Seyne, est côté par le *Veritas* à la 1re division avec décoration.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison.	$48^{m},30$
Largeur extérieure maxima	9 ,02
Creux sur quille à la ligne droite du pont.	6 ,00
Tirant d'eau moyen de.	4, 78 à 4,93
Déplacement correspondant..	1335 à 1388^{T}
Jauge légale.	686^{T}
Volume des cales.	1545^{m3}
Port en lourd.	900 à 950^{T}
Surface de voilure..	1602^{m2}

Ce bâtiment a fait plusieurs campagnes dans la mer des Indes, et s'est toujours bien comporté.

Trois mâts barque en fer de 595 tonneaux. (*Navigation de la côte occidentale d'Afrique : MM. Maurel et From de Bordeaux*). — Le *Montesquieu* a été construit par la Cie des forges et chantiers en 1875, pour servir spécialement au commerce des arachides entre la côte occidentale d'Afrique et les ports français; en outre, il doit prendre dans le fleuve Sénégal une partie de son chargement et franchir la barre à la voile avec un tirant d'eau de $2^m,70$.

Dimensions principales.

Longueur à la flottaison.	50,00	Déplacement correspondant. . . .	980^T
Largeur extérieure maxima. . . .	9,23	Jauge légale	595
Creux sur quille à la ligne droite du pont.	5,50	Volume des cales	1500^{m^3}
Tirant d'eau moyen..	3,60	Surface de voilure.	1078^{m^2}

Le transport des arachides réclame un volume de cale considérable. Le *Montesquieu*, au tirant d'eau de $2^m,70$ prend déjà 225 tonneaux d'arachides, soit près de 0,38 de son chargement et son volume de cales lui permet de prendre en arachides les 0,91 de son port en lourd, soit 540 tonneaux sur 593. Il n'a cessé de naviguer dans les meilleures conditions.

LES TRANSPORTS.

Transport en fer à hélice de 1100 chevaux. (*Compagnie des mines de Mokta*). — La *Bretagne* a été construite aux chantiers de la Seyne pour le transport des minerais de Mokta, d'Algérie à Marseille.

Le bâtiment est pourvu d'un caisson à *water-ballast* de la contenance de 700 tonneaux. Quand on charge en minerai, le caisson étanche reste vide, de manière à élever les poids embarqués et à ne pas donner au navire une stabilité exagérée.

La machine est à pilon du système Compound. La vapeur est fournie par 4 corps de chaudières cylindriques, timbrés à 5 kil.

Dimensions principales, coque et machine.

Longueur à la flottaison.	$87^m,00$	Jauge légale nette	1140^{tx}
Largeur extérieure maxima. . . .	11 ,54	Volume disponible pour marchandises..	3523^{m^3}
Creux sur quille à la ligne droite du pont..	7 ,80	Nombre de passagers	16
Tirant d'eau moyen.	5 ,70	Poids disponible pour marchandises et charbon.	2350^T
Déplacement correspondant. . . .	3872^T		
Jauge légale brute	1900		
Diamètre du grand cylindre.. . .	$1^m,770$	Nombre de tours	67
Diamètre du petit —	0 ,960	Surface des grilles.	$14^{m^2},40$
Course des pistons.	0 ,900	Surface de chauffe.	360 ,00

Les essais ont fait ressortir une vitesse de $11^{nds},90$ pour une puissance indiquée moyenne de 1236 chevaux et une vitesse de $9^{nds}.90$ pour une puissance de $960^{ch},15$ avec une consommation de $0^k,898$ par cheval et par heure.

Depuis sa mise en service, ce bâtiment opère d'une façon continue des transports de 2200 tonneaux de minerai, à la vitesse normale de 9 nœuds.

Transport de 400 chevaux pour minerai. *(MM. Delmas frères à La Rochelle).* — Le *Belfort* a été construit en 1876 dans les chantiers de Graville.

Dimensions principales, coque et machine.

Longueur.	65,42	Puissance des machines	400^{ch}
Largeur.	8,00	Diamètre du cylindre d'admission.	0^{m},635
Creux.	5,10	Diamètre du cylindre de détente.	1^{m},00
Tirant d'eau.	4,35	Course des pistons.	0 ,70
Déplacement.	1625^{tx}	Nombre de tours. , ...	82
Port en lourd disponible..	1080	Surface de chauffe.	115^{m2}
Vitesse aux essais à mi-charge. .	10^{nds}75	Timbre des chaudières	4^{k},50

Destiné à un transport de minerai entre Bilbao et les ports de l'ouest, il est muni d'une soute à eau étanche lui permettant de naviguer sur lest d'eau.

EXPOSITIONS ÉTRANGÈRES.

Nous relevons, dans les expositions étrangères, une série de types intéressants que nous présenterons à nos lecteurs dans les tableaux ci-après; nous y avons réuni les données principales qui caractérisent ces types et qu'il serait utile de compulser dans des cas analogues à ceux auxquels ils répondent.

§ 1. — BATIMENTS ANGLAIS.

I. — *Navires à voiles.*

DIMENSIONS	*a* Colwyn.	*b* Rhotan (en fer).	*c* Iron-barques.	*d* Brier Holme.	*e* Navire en fer.	*f* Melpomène.
	f-i					
Longueur en feet	228-4	214,7	187	196	238	221-6
Largeur en feet	35	33,9	31-6	33-9	38	36-6
Creux en feet	21	20,5	18-4	19-3	23	21-1
Tirant d'eau en feet				17-8		
Tonnage brut	1214^{tx}	1137	777	920,55	1495	1247
Tonnage net..	1160	1084	735	893,77	1430	1208
Cargaison.			1130^{tx}		2180	
Passagers 1re classe.				20		

a. Construit par M. William Doxfort and sons. — *b.* Construit par M. Robert Thompson junior. — *c.* Construit par M. Augustin et Hunter. — *d.* Construit par M. Joseph L. Thompson and sons. — *e.* Augustin et Hunter. — *f.* Arbourne, Graham et Co.

II. — *Navires à vapeur.*

DIMENSIONS.	*a* Lestris	*b* City of Berlin	*c* Victoria.	*d* Transport.	*e* Nankwam	*f* Javary (à roues)	*g* Altmore.	Steamer de rivière, (à roues)	*h* Britannia	*i* Rose et Shamrock (à roues)	*k* Norseman.	*l* Lancashire Witch
Longueur en feet	200	478	320	280	230	161	2915	90	399	290-4	109	106-6
Largeur en feet	30	44	38	40	33	28	35-2	15	43	32	20	18
Creux en feet	7	37	31	21	22-3	10	24-8	4	35-3	16-7	13-5	9-6
Tirant d'eau en feet	16,8	»	»	19,9	12	6	»	2-2	22	10-8	12	7
Tonnage brut	1065,08	5400	2909	1883	1233	610	2042	97	3700	1476	206	165
Tonnage net	678,21	»	1898	1221	838	»	1338	»	»	»	»	»
Cargaison	1450	»	3000	2750	900	»	»	»	»	»	»	»
Machine en chevaux	450	5300	1600	»	800	»	1000	30	600	3000	210	35
Vitesse en nœuds	»	»	»	»	10	11	»	10	14	19	»	9
Consommation par jour, en tonnes	»	»	»	»	11	»	»	»	»	»	»	»
Passagers de 1re classe	»	»	100	»	»	»	»	»	»	»	»	»

a Construit par Joseph L. Thompson et sons. — *b*. Mail steamer. — *c*. Construit par William Doxfort et sons. — *d*. Construit par Shart Brothers. — *e*. Navigation des côtes de Chine (marchandises et passagers). — *f*. Steamer à faible tirant d'eau (*Amazon steam navigation company*). — *g*. Construit par Robert Thompson junior. — *h*. Royal mail steamer (*Pacific steam navigation company*). — *i*. London and north western railway. — *k*. Steam yacht. — *l*. Steam yacht.

Nous trouvons, dans la section anglaise, le dispositif d'une manœuvre du gouvernail (système Alphonse Lafargue) par une transmission hydraulique. Il est représenté fig. 22, page 313 et on en suivra les détails au moyen de la légende.

§ 2. — BELGIQUE.

La Belgique nous présente les transports à hélice suivants :

Longueur totale en mètres	68m,75	87,63	»
Longueur entre perpendiculaires	66 ,25	85,64	66
Largeur extérieure	8 ,45	10,52	8,45
Creux de cale au milieu	5 ,10	7,77	5,20
Tirant d'eau	4 ,10	6,55	5,70
Tonnage	822	1635	822
Puissance nominale en chevaux	90	90	90
Puissance indiquée en chevaux de 75 kilog.	»	»	385

Le dernier de ces transports est le *Concha* construit par la société Cockerill pour le transport de ses minerais de Bilbao. Ce navire peut passer à juste titre pour remarquablement réussi puisque, dans ses essais en mer, la consommation de charbon a été de 0k,717 par cheval et par heure pour une puissance indiquée de 325 chevaux avec une vitesse moyenne de 8n,25. Dans une autre phase des essais la puissance s'est élevée à 385 chevaux; et dans une traversée d'Anvers à Londres faite en février 1878, la consommation par heure et par cheval, s'est réduite à 0k,694.

La machine du système *Compound* a les dimensions suivantes :

Diamètre du petit cylindre	0m,685
Diamètre du grand —	1 ,140
Course commune	0 ,84

Le condenseur est à surface. L'hélice a 4 ailes : diamètre $3^{m},26$, pas $4^{m},575$.
La chaudière est cylindrique : diamètre $3^{m},70$, longueur $3^{m},27$: elle comprend 3 foyers, 155^{m2} de surface de chauffe; timbre 4 atmosphères $^{1}/_{2}$ effectives.
Une vue des chaudières et de la machine est donnée dans les *Annales du Génie civil* (année 1879).

§ 3 — SUÈDE.

DIMENSIONS.	Paquebot à hélice.	Paquebot à 2 hélices.	Transport à hélice (passagers et bétail).	Navire à spardeck à hélice.	Steamer à 2 hélices. (1)	Navire brise-glace à hélice.
Longueur à la flottaison en mètres	29,00	41,35	38,50	64,00	17,50	26,40
Largeur hors membres en mètres	5,64	5,60	6,00	9,10	5,00	7,66
Creux sur quille en mètres.	3,93	2,52	3,06	6,98	2,48	4,67
Tirant d'eau	2,52	1,48	2,50	4,60	1,70	5,26
Déplacement en tonneaux.	151	187	285	1770	103	300
Machine, en chevaux, de 75 kilogrammètres	180	210	370	400	110	360
Vitesse, en nœuds	10	10,5	11	11	7	

(1) Trois de ces steamers (munis de grues à vapeur), sont construits pour le service des mines sous-marines de Suède et Danemark.

§ 4. — NORWÈGE.

	Trois-mâts.	
Longueur sur la quille	44,51	39,83
Longueur sur le pont	46,92	41,80
Largeur hors membres	9,71	9,26
Creux	6.00	5,37
Tirant d'eau sur lest	3,79	3,31
Tirant d'eau en charge	4,52	5,05
Chargement répondant à ce tirant d'eau	848^{T}	667
Jauge brute	597	469

OUVRAGES ET APPAREILS ACCESSOIRES DES CHANTIERS DE CONSTRUCTIONS NAVALES.

Dock flottant en fer, *destiné au port maritime de Saïgon* (*Cochinchine*). — Le corps du dock, construit au Creusot, se compose d'un ponton formant la base et de deux caissons latéraux. L'ensemble est divisé en quatre-vingt-seize compartiments étanchés par une suite de cloisons transversales et longitudinales. Les compartiments supérieurs des caissons latéraux forment chambres à air permanentes. Toute la construction est exécutée en fer galvanisé.

L'ensemble de l'ouvrage offre les dimensions suivantes :

Longueur totale	120^{m}
Largeur totale extrême	30
Largeur intérieure entre les caissons latéraux	23
Hauteur totale	15
Hauteur du ponton inférieur	$3^{m},50$
Déplacement du navire que le dock peut soulever	6000^{tx}
Tirant d'eau du navire que le dock peut soulever	$7^{m},50$

Au milieu de la longueur du dock sont installés, dans chacun des compartiments latéraux, des appareils d'épuisement.

Lorsqu'il s'agit de mettre un navire à sec, le dock est immergé d'abord par l'ouverture d'une série de vannes permettant à l'eau de mer remplir tous les compartiments inférieurs. Ensuite le navire est halé au-dessus du ponton et maintenu au moyen d'ancres. Ce travail terminé, les machines d'épuisement vident les compartiments, et le dock en émergeant, met à jour la carène entière du navire.

Les machines d'épuisement se composent chacune d'un moteur à vapeur de la force de 90 chevaux agissant sur deux pompes rotatives; le travail d'épuisement, et conséquemment la mise à sec du navire, s'effectue dans un délai de trois heures au maximum. Le poids total approximatif de la construction est de 4500 000 kil.

Drague marine de Port-Saïd. — (*Compagnie universelle du canal de Suez*). Cette drague marine a été construite en 1873, par la compagnie des forges et chantiers, en vue de maintenir la profondeur d'eau du Chenal de la rade de Port-Saïd; elle complète le puissant matériel de 32 grandes dragues exécutées, de 1863 à 1868, pour le creusement du canal maritime.

Cette drague marine a été complètement achevée dans les chantiers de la Seyne, et a effectué la traversée de Toulon à Port-Saïd dans les meilleures conditions, à l'aide de ses propres moyens, à la vitesse de 5 nœuds.

Les machines et le mécanisme dragueur, les treuils dits de papillonnage qui servent à la manœuvre des chaînes, afin d'obtenir un déplacement progressif de la drague, rappellent les dispositions générales des appareils dont les modèles ont été exposés en 1867.

Les dimensions principales de cette drague sont les suivantes :

Longueur.	$50^m,25$	Volume d'un godet.	$0^{m3},450$
Largeur hors tôles	9,30	Nombre de godets passant par minute.	15 à 16
Creux.	3,50	Puissance des machines.	200^{ch}
Tirant d'eau en service.	1,95	Surface de chauffe des chaudières.	80^{m2}
Déplacement.	700^T		
Profondeur de dragage.	9,15		

La même machine, conduit tour à tour ou le mécanisme dragueur ou les deux hélices motrices de la drague.

Ponton-Bigue. (*Destiné au port de Brest, puissance* 50 *tonnes*). — Ce ponton, construit au Creusot, est destiné à opérer la manœuvre et le transbordement des gros colis qui font partie, soit de la construction, soit de l'armement des vaisseaux. Sa puissance est de 50 tonnes.

La coque du ponton a les dimensions principales suivantes :

Longueur.	45^m	Tirant d'eau moyen tige	$1^m,56$
Largeur.	14,50	Déplacement correspondant.	850^T
Creux.	4,90		

La coque est surmontée d'une charpente en fer, qui porte à son sommet les pièces formant point de suspension de la charge.

Le ponton supposé droit, la portée horizontale de la bigue est de 10 mètres.

La hauteur de l'axe de réat supérieur au-dessus de la flottaison en charge est de 29 mètres.

A l'extérieur des pontons sont établis tous les appareils qui concourent à la manœuvre des fardeaux, tels que machines à vapeur, treuils de levage, cabestans de halage, etc.

La construction entière, coque et charpente, est exécutée en fer galvanisé.

Conclusion.

Nous nous en tiendrons à la description de ces engins spéciaux; beaucoup d'autres, en usage dans les ports, appartenant à l'industrie générale, devant mieux trouver leur place dans les *rapports* de cette collection auxquels ils ont trait plus particulièrement.

L'impression qui domine, à la suite de la visite de la classe 67 que nous venons de faire avec le lecteur, conduit à rendre un éclatant témoignage à l'activité industrielle qui a été universellemeni déployée depuis l'Exposition de 1867. Nous disons activité industrielle, usant ici du terme qui nous paraît le plus propre à représenter la somme des efforts de tous genres dont l'architecture navale moderne reproduit le bénéfice; car, un navire résume, dans son tout, tant d'industries, pour ne pas dire toutes les industries, qu'il se trouve offrir la collection des progrès généraux réalisés, en même temps qu'il en est souvent l'objectif. En effet, la réciprocité de développements est étroite entre, par exemple, la métallurgie, les épaisses cuirasses et les prodigieux engins de l'artillerie maritime; entre la recherche de machines puissantes, de faible consommation et l'intérêt d'accroître, sur mer, le port utile et sa vitesse; entre la nécessité de multiplier les relations, les échanges de produits, et le matériel qui doit effectuer ces rapprochements dans les conditions les plus économiques. C'est donc l'esprit humain dans l'une de ses manifestations les plus vastes que nous saluons dans l'architecture navale. A ce point de vue, l'Exposition de 1878 est et demeurera d'un haut enseignement : féconde en témoignages d'efforts tentés, en exemples encourageants, elle rappelle les nations à la soumission au grand maître : le travail !

DE BERTHIEU.

NOTE COMPLÉMENTAIRE (1).

Matériel de la navigation et du sauvetage *(France, classe 67)*.

MATÉRIEL NAVAL.

L'effectif de la marine marchande comprenait, au 31 décembre 1876 : 14,861 navires à voiles, jaugeant 792,836 tonneaux, et montés par 84,801 hommes, et 546 navires à vapeur jaugeant 218,449 trnneaux et montés par 10,337 hommes;

Soit, en tout, 15,407 navires, jaugeant ensemble 1,011,285 tonneaux et portant 95,138 hommes d'équipage.

Dans ces chiffres ne sont pas compris les bateaux de deux tonneaux et au-dessous, employés à la pêche en vue des côtes ou à la récolte du varech; ils étaient, à la même date, au nombre de 10,955; ils jaugeaient 15,304 tonneaux et occupaient 19,430 marins.

Le tableau suivant indique l'emploi de cette flotte pendant l'année 1876 :

(1) Extrait du *Catalogue officiel.*

NAVIGATION A LAQUELLE les services ont été principalement affectés.	NAVIRES A VOILES.			NAVIRES A VAPEUR.		
	NOMBRE de navires.	TONNAGE.	ÉQUIPAGE.	NOMBRE de navires.	TONNAGE	ÉQUIPAGE.
Petite pêche	9,193	84,450	43,289	13	460	138
Grande pêche	397	49,071	9,838	»	»	»
Cabotage.	2,478	107,171	9,298	126	9,754	1,038
Navigation dans les mers d'Europe et la Méditerranée	952	108,416	6,159	154	88,154	3,969
Long cours.	1,139	423,335	14,675	83	108,625	4,415
Pilotage, remorquage et service des ports	373	4,778	1,388	125	4,853	710
Yachts de plaisance.	41	495	154	10	409	67
Navires restés sans emploi ou présumés perdus . . .	288	15,120	»	35	6,194	»
TOTAUX.	14,861	792,836	84,801	546	218,449	10,337

Les navires à voiles jouent de jour en jour un rôle moins important dans l'industrie des transports maritimes, et cèdent peu à peu la place aux navires à vapeur. Ceux qui sont encore affectés à des navigations lointaines sont, en général, de l'espèce des *clippers*; ces bâtiments de grande marche, dont la construction ne remonte pas au-delà des vingt dernières années, sont caractérisés par une longueur relative d'environ cinq fois la largeur et une voilure supérieure à celle des anciens types; depuis leur première apparition, ils n'ont subi que des modifications sans importance.

En revanche, depuis 1867, et malgré les étonnants changements qui y avaient été apportés en quelques années, le matériel de la marine à vapeur s'est très-sensiblement modifié. Les dimensions principales des bâtiments et leur puissance motrice ont augmenté; la *haute pression* est assez généralement adoptée, et les vitesses réalisées dépassent celles que l'on considérait comme des limites extrêmes, il y a peu d'années. On s'est partout attaché à réduire la consommation du charbon; grâce à l'emploi des chaudières à haute pression, des condenseurs à surface et de la détente dans les machines à deux pressions, on est parvenu à réduire à 1 kilogramme par cheval environ la consommation de combustible, qui était de 2 kilogrammes il y a une dizaine d'années. C'est là un progrès considérable et très-important au point de vue des relations commerciales, car il permet, pour une dépense de combustible déterminée, de franchir des distances beaucoup plus grandes ou d'augmenter le tonnage utile pour les petits parcours.

Le matériel de la *marine militaire* s'est aussi considérablement modifié depuis 1867. A cette époque, les nouveaux bâtiments étaient des navires de 5,000 à 6,000 tonneaux de déplacement, recouverts de bout en bout d'une cuirasse dont l'épaisseur variait de 12 à 16 centimètres et armés de canons dont le plus fort calibre ne dépassait pas 24 centimètres. Aujourd'hui, l'arme défensive et l'arme offensive ont pris l'une et l'autre des proportions énormes, et les bâtiments cuirassés, obligés de porter à la fois une cuirasse qui peut atteindre 60 centimètres d'épaisseur et des canons dont le poids s'est élevé de 22 tonnes à 100 tonnes, sont arrivés à des dimensions que les conditions d'accès des ports ne permettent plus guère aujourd'hui de dépasser.

CONSTRUCTIONS NAVALES.

L'extrême complication du matériel naval rend impossible, dans le cadre restreint d'une notice, l'étude des matières premières employées, des procédés de fabrication, des variations de prix, etc. Cependant on peut dire que depuis 1867 le prix de revient des navires marchands a plutôt augmenté que diminué par suite de l'accroissement de valeur des matières premières principales (charbons et fers) et de la main-d'œuvre, par suite aussi des perfectionnements récemments apportés aux installations.

Quant aux bâtiments de guerre, leur valeur s'est considérablement augmentée; la somme qui suffisait jadis à payer cinq vaisseaux à trois ponts atteint à peine le prix d'un cuirassé de premier rang. Le coût énorme de ces machines de guerre modernes est dû d'abord aux grandes dimensions que nécessite le port d'une cuirasse, dont le poids atteint 3,000 tonnes, d'une artillerie formidable et d'un appareil moteur capable d'imprimer à la masse entière des vitesses de 13 à 15 milles à l'heure, puis à l'introduction à bord des navires, où jadis tous les travaux s'exécutaient à bras d'hommes, d'appareils mécaniques chaque jour plus nombreux et plus compliqués : grues et treuils à vapeur, ventilateurs, appareils pour manœuvrer le gouvernail, servo-moteurs, accumulateurs hydrauliques pour la manœuvre des tours et des canons, appareils de lumière électrique, torpilles automotrices, pompes spéciales pour le cas d'un abordage, fours mécaniques, etc.

Enfin, il faut faire entrer parmi les causes de l'élévation du prix de nos nouvelles constructions militaires la *substitution de l'acier au fer* dans la construction des chaudières et dans presque toute la partie de la charpente et du revêtement du navire qui n'est pas en contact immédiat avec l'eau.

Il importe aussi de signaler les nombreux perfectionnements introduits dans le matériel naval en vue d'améliorer l'hygiène et le bien-être des marins et des passagers. Les plus louables efforts ont été faits et se font chaque jour pour accroître et pour rendre plus efficaces le matériel des sociétés de sauvetage des naufragés et les appareils de toutes sortes destinés à prévenir les sinistres.

NAVIGATION DE PLAISANCE.

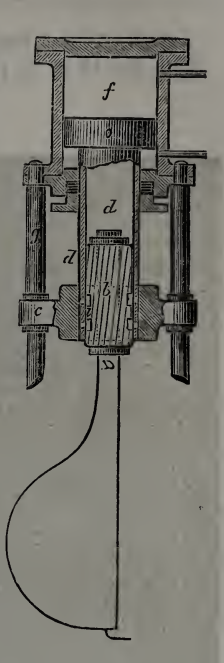
La navigation de plaisance n'a pris en France un certain développement qu'à partir de la création du Yacht-Club de France. Cette association a pour but de populariser le goût des choses de la mer, si peu répandu dans notre pays. Le Ministère de la marine lui a concédé un pavillon spécial qui est porté aujourd'hui par 107 yachts, jaugeant 6,381 tonneaux et montés par 600 à 700 matelots.

En dehors du Yacht-Club, il existe une centaine de petites embarcations qui, pour la plupart, ne sont pas pontées et occupent pendant la belle saison une centaine de marins.

Les principaux ateliers de construction des yachts sont situés au Havre, à Honfleur, à Saint-Malo, à Nantes, à Bordeaux, à Arcachon, à Bayonne, à Marseille et à la Ciotat.

Les embarcations de rivière à l'aviron ou à la voile se multiplient aussi depuis quelques années. Il existe en France près de cent sociétés réunissant 8 à 9,000 adhérents qui se cotisent pour encourager ce sport nautique, si digne d'intérêt. Pour les embarcations à l'aviron, Paris et ses environs ont pour ainsi dire le monopole des commandes de toutes les sociétés de France et de Belgique; on

peut citer parmi les spécimens les plus remarquables de ce genre de construction les élégantes embarcations faites d'une seule feuille d'acajou et celles qui peuvent se séparer en plusieurs pièces pour la facilité du transport.



NAVIGATION INTÉRIEURE.

La France possède un réseau de 6,900 kilomètres de rivières navigables et de 4,800 kilomètres de canaux. Les grandes vallées qui débouchent sur les trois mers sont réunies par les diverses branches de ce réseau ; cependant un grand nombre d'obstacles et de lacunes rendent les relations entre elles incomplètes ou difficiles. Les travaux d'amélioration tendent à les faire disparaître et à assurer aux bateaux, sur tous les points et autant que possible en tout temps, le tirant d'eau nécessaire à la navigation.

Il a été transporté en 1876, sur les rivières et canaux, 1,718,926,600 tonnes kilométriques de marchandises diverses et 163,919,308 mètres cubes de bois flottés.

Fig. 22. — Gouvernail (système Alphonse Lafargue).

Légende : *b* Collier à rainures hélicoïdales claveté sur la miche du gouvernail ; *f* cylindre hydraulique dans lequel se meut un piston *p* ; *d* tige du piston *p*. Elle est creuse et porte intérieurement des roulettes à fiction qui sont engagées dans les rainures du collier *b* et se meuvent le long de celui-ci comme dans un écran qui ne peut que tourner sur son axe ; *g* guides du mouvement rectiligne de la tige *d*.

ERRATUM.—Page 230, ligne 15, après les mots « autant de hauteur », lire : Voir fig. 23 et 24 page 314.

COMPTEUR DIFFÉRENTIEL VALESSIE.

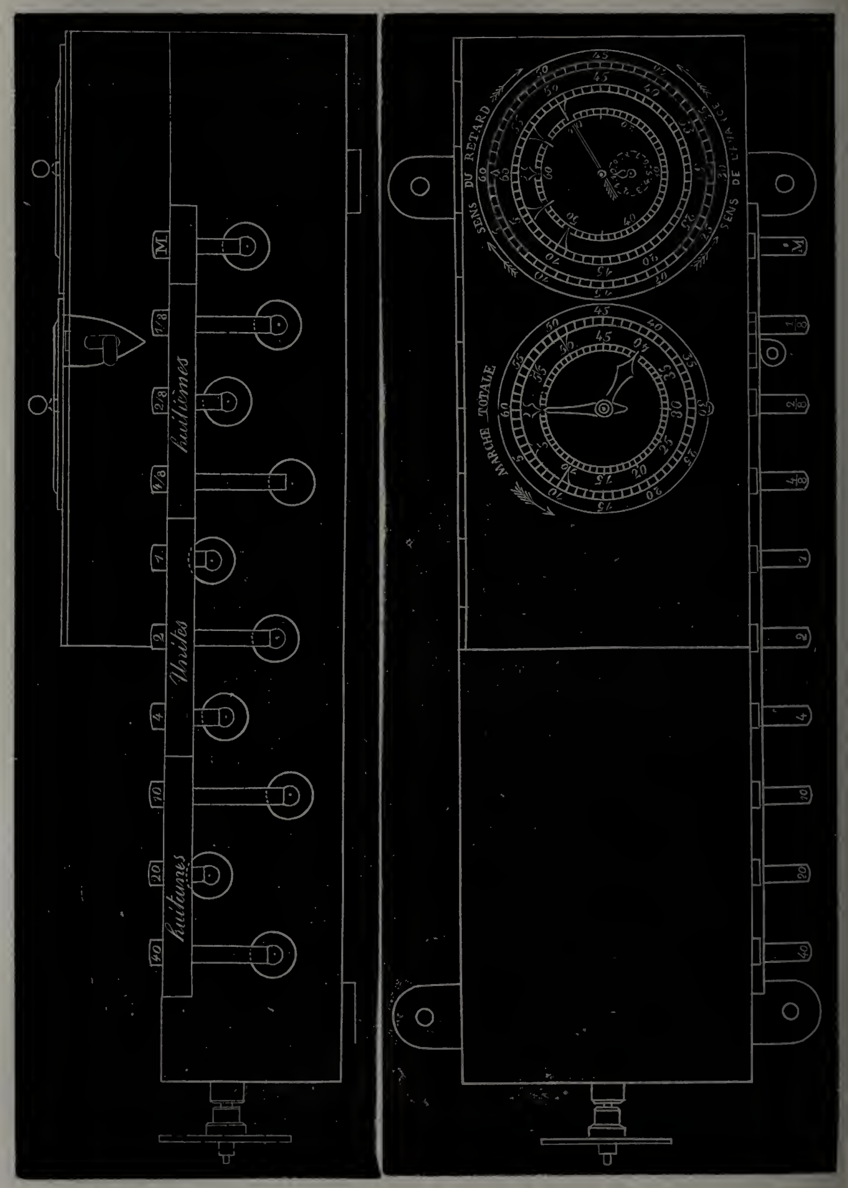


Fig. 23. —Vue verticale du Compteur.

Fig. 24. — Vue horizontale.

ARTS MILITAIRES

DEUXIÈME PARTIE (1).

PAR

MM. A. DE LOYETTE ET T. LACOUTURE

Anciens élèves de l'École polytechnique.

Substances explosives.

Les substances *explosibles* sont celles qui sont capables de donner lieu à une explosion, et les substances *explosives*, celles dont on se sert habituellement dans la guerre ou l'industrie pour produire des explosions. L'explosion est le résultat d'une modification chimique, produisant brusquement un volume gazeux trop considérable pour être contenu dans l'espace étroit renfermant les composés initiaux, c'est-à-dire la substance explosive.

Pendant bien des années, presque jusqu'à nos jours, la poudre à canon est restée la seule substance explosive; on considérait cette substance comme le dernier mot de la puissance de détonation, et l'on s'est avisé seulement depuis quelques années de modifier la fabrication de la poudre, pour la mieux façonner au gré des besoins que l'on a. Elle était restée jusque là, telle à peu près qu'elle avait été inventée.

Mais les nouvelles substances explosives découvertes depuis 1833, en même temps qu'elles étonnèrent beaucoup, appelèrent l'attention sur l'étude plus approfondie du jeu des explosions, et le fruit de cette étude n'a pas été perdu en ce qui touche la poudre elle-même.

Nous ne parlerons pas ici de la poudre à canon dont il est déjà question à la page 70 de ce volume. Nous dirons quelques mots de la *poudre de mine* et nous nous occuperons tout particulièrement de la *nitro-glycérine* et de *pyroxyle* ou *fulmi-coton*. Ce sont aujourd'hui ces substances qui, sous une forme ou sous une autre, tiennent la plus grande place aussi bien dans l'industrie minière que dans l'art de la guerre. Nous donnerons aussi quelques notions sur le *picrate de potasse* et le *fulminate de mercure*.

Poudre de mine. — La composition de la poudre de mine diffère notablement de celle de la poudre de guerre.

	Poudre de mine.	Poudre de guerre.
Salpètre.	75,00	62
Soufre.	12,50	20
Charbon.	12,50	18

Elle peut être fabriquée suivant trois modes différents :

1° Fabrication par les pilons après trituration du soufre seul.

2° Fabrication par les pilons après trituration du soufre et du charbon réunis.

3° Fabrication de la poudre ronde.

Sans entrer dans les détails de la fabrication, nous allons en indiquer les principales phases. Pour les deux premiers procédés le soufre est trituré soit seul, soit mélangé au charbon dans des tonnes en bois contenant des gobilles

(1) Voir pour la 1re partie page 1 et suivantes.

en bronze. Ce triturage se fait aussi quelque fois sous des meules. Après un tamisage, les matières sont versées dans le mortier, humectées, puis battues au pilon fig. 42 pendant plusieurs heures (de 5 à 8^h). La poudre ainsi obtenue est d'abord séchée à moitié dans des magasins, puis grenée, c'est-à-dire réduite en grains par le passage dans un tamis sur lequel se promène un tourteau ou lentille de bois dur. Le séchage définitif des grains se fait soit au soleil, soit dans une sécherie fig. 43. Enfin la poudre est époussetée puis embarrillée. Le 3e procédé a pour but d'obtenir des grains de forme sphérique. Le charbon et le soufre sont d'abord mélangés et triturés dans des tonnes en bois contenant des gobilles en bronze. Le mélange avec le salpêtre se fait dans des tonnes en cuivre garnies intérieurement de liteaux saillants et contenant aussi des gobilles. Les tonnes tournent sur leur axe et au bout de trois heures environ le mélange est terminé. On obtient ainsi le poussier contenant les 3 éléments.

Pour avoir le grain rond, on mélange dans un tonneau en bois un poids égal de ce poussier et de petits grains irréguliers légèrement humectés qu'on appelle *noyaux*. On fait tourner le tonneau, le poussier s'attache aux grains humides et les grossit pendant que le mouvement de rotation du tonneau donne aux grains obtenus la forme sphérique. La poudre est ensuite lissée par son frottement sur elle-même pendant la rotation dans un autre tonneau, puis enfin mise en baril.

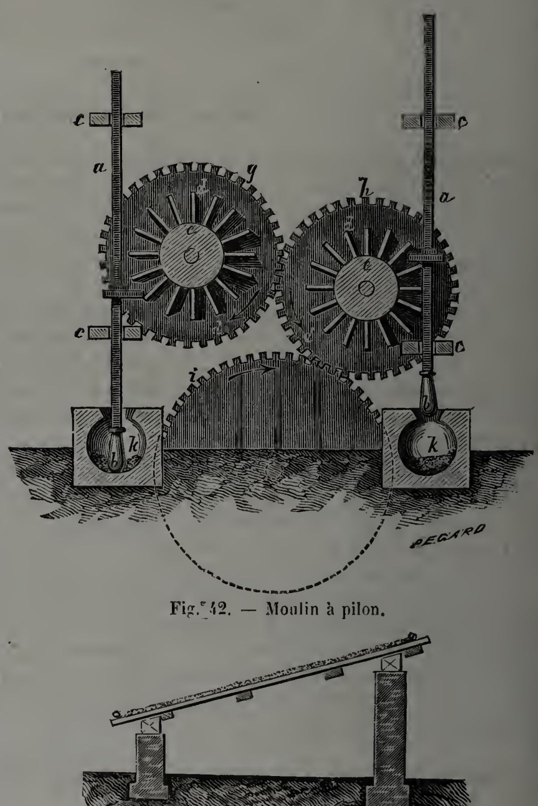


Fig. 42. — Moulin à pilon.

Fig. 43. — Table à sécher la poudre.

La densité granimétrique de la poudre de mine est de 0,770. La poudre de mine est éprouvée au mortier-éprouvette. Ce mortier pesant 120^k est incliné à 45° il lance un globe en bronze de 189 millim. de diamètre pesant 29^k,500. La force de la poudre de mine doit être telle que 92 grammes de poudre lancent le globe du mortier éprouvette à 180 mètres. On tire autant de coups que le lot à essayer contient de 1000^k, la portée moyenne de ces coups ne peut être inférieure à 180^m.

Nitroglycérine. — La nitroglycérine, l'une des substances explosives les plus énergiques que l'on connaisse actuellement, a été découverte en 1847 par M. Sobrero préparateur de Pelouze. Quelques années avant, vers 1833, Bra-

connot, en traitant différents corps ligneux par l'acide azotique avait obtenu un produit très-inflammable auquel il donna le nom de *xyloïdine*, et c'est en suivant la route qu'il venait d'ouvrir que Schœnbein découvrit le fulmi-coton, presque en même temps que Sobrero, la nitroglycérine. Ainsi, ces deux substances dont la puissance d'explosion est journellement mise en œuvre, à l'égal l'une de l'autre, sont tout à fait contemporaines.

A l'époque de l'invention de la nitroglycérine, les propriétés explosives de l'acide picrique n'étaient pas encore connues, bien que cet acide fût connu depuis 1788. Il en fut tout autrement pour la nitroglycérine, et de nombreux accidents firent connaître tout d'abord ses propriétés détonantes. Chose singulière! après de nombreuses expériences, on fut sur le point d'abandonner l'usage de la nitroglycérine comme explosif, non pas à cause du danger qu'elle paraissait présenter, mais au contraire, parce qu'on n'avait pas trouvé le moyen de provoquer à volonté l'explosion de cette substance. Il arrive en effet, et c'est une des propriétés les plus curieuses de la dynamite, que cette substance allumée en un point, par les procédés habituels, continue à brûler sans la moindre détonation. Quelquefois même sous l'action d'un choc, le point frappé seul détone. En 1864, un ingénieur suédois, M. Nobel, eut enfin le mérite de découvrir un procédé sûr et facile de provoquer la détonation de la nitroglycérine, en se servant d'amorces au fulminate de mercure. Il se mit dès lors à employer la nitroglycérine à l'exploitation des mines, et l'usage s'en répandit rapidement en Suède, en Allemagne et dans l'Amérique du Nord. Mais les accidents qui s'étaient produits pendant que les chimistes étudiaient la nytroglycérine, se reproduisirent dans des proportions épouvantables. Les précautions qu'il faut toujours prendre avec une substance aussi dangereuse ne sont guère compatibles avec son usage journalier, et les terribles accidents survenus particulièrement pendant le transport de la nitroglycérine déterminèrent nombre de gouvernements à en proscrire l'emploi.

On essaya beaucoup, mais sans succès, de faire disparaître le grave inconvénient d'une substance dont l'emploi était si avantageux pour l'industrie minière, lorsque le hasard vînt révéler le moyen d'éviter tout danger. Des touques de nitroglycérine que l'on transportait avaient été placées sur un lit de terre très-siliceuse afin d'éviter les chocs du transport. Une de ces touques vînt à se briser et la nitroglycérine qu'elle contenait s'écoula et fut absorbée par la terre siliceuse. On reconnut bien vite que le mélange ainsi formé conservait toutes les propriétés explosives de la nitroglycérine tout en la rendant beaucoup moins sensible à la détonation sons l'influense de causes accidentelles. Telle est l'origine de toutes les dynamites, qui sont toutes un mélange de nitroglycérine avec une substance absorbante, active ou inerte.

Nitroglycérine, préparation. — La nitroglycérine s'obtient par la réaction de l'acide azotique sur la glycérine; c'est l'éther azotique de la glycérine et elle a pour formule $C^6 H^5 O^{18} Az^3$. La réaction peut s'écrire :

$$\underbrace{C^6 H^8 O^6}_{\text{Glycérine.}} + \underbrace{3\,AzO^5}_{\text{Ac. azotique.}} = \underbrace{C^6 H^5 O^6,\ 3\,AzO^4}_{\text{Nitroglycérine.}} + \underbrace{3\,H\,O.}_{\text{Eau.}}$$

En admettant que trois équivalents d'acide hypoazotique se substituent à trois équivalents d'hydrogène. L'opération consiste à faire tomber par goutte et lentement la glycérine dans un mélange d'acide azotique et d'acide sulfurique, en ayant soin d'agiter constamment. L'acide sulfurique sert à absorber l'eau qui se produit. La glycérine dont on se sert doit être très-pure. Elle se présente alors sous l'aspect d'un liquide incolore, translucide, d'une consistance sirupeuse; la saveur en est légèrement sucrée. La glycérine se dissout dans l'eau et l'alcool

et non dans l'éther. On là retire des graisses neutres, dans la fabrication des savons et de la bougie.

La préparation de la nitroglycérine, toute simple qu'elle paraît, offre cependant quelque danger si l'on ne surveille pas attentivement la réaction. Il se produit, en effet, une grande élévation de température, capable à un moment donné de faire détoner la nitroglycérine déjà formée. On doit éviter que la température du mélange ne s'élève à plus de 28 degrés. Plusieurs procédés sont employés dans l'industrie pour préparer la nitroglycérine, le plus connu est celui des fabriques allemandes qui est à peu près le suivant : Dans des vases en tôle, tapissés intérieurement de plomb, est introduit un mélange de $1^k,100$ d'acide azotique et $2^k,200$ d'acide sulfurique. La glycérine est amenée par des tuyaux placés au-dessus de chacun des vases, et on en arrête l'écoulement lorsqu'on en a introduit 500 grammes. Tous les vases étant rangés dans une cuve sont refroidis à la fois par un courant d'eau qui traverse cette cuve, et de plus chaque vase est refroidi intérieurement par un serpentin traversé également par un courant d'eau froide. On agite au moyen de palettes en plomb mises en mouvement mécaniquement. L'opération terminée, on fait tomber le mélange contenu dans chaque vase, au moyen d'une soupape de fond, dans un récipient rempli d'eau ; la nitroglycérine se dépose au fond à cause de sa grande densité. On doit ensuite débarrasser la nitroglycérine des acides libres qu'elle contient en très-grande quantité ; on opère d'abord par des lavages à l'eau pure suivis de lavages avec de l'eau chargée de bicarbonate de soude et de bicarbonate de chaux ou de baryte. On reprend par l'eau pure, puis on fait un lavage à l'alcool pur pour enlever l'eau. Si la nitroglycérine ne doit pas être employée immédiatement il est inutile de la débarrasser des traces d'eau qu'elle contient. Exposée à l'air libre elle perd peu à peu l'eau qu'elle contient ; on s'en aperçoit par le changement d'aspect qu'elle présente, de laiteuse elle devient limpide.

Propriétés physiques et chimiques. — La nitroglycérine se présente généralement sous l'aspect d'un liquide huileux, opalin, souvent teinté en jaune ambré. Elle n'a pas d'odeur, sa saveur est d'abord légèrement sucrée, puis devient amère et piquante. Sa densité est représentée par le nombre 1,60. Elle est insoluble dans l'eau, très-peu soluble dans l'alcool froid, mais assez soluble dans l'alcool à +50 degrés centigrades. L'alcool méthylique, la benzine, l'éther la dissolvent facilement. Elle se congèle à +8 degrés et se cristallise sous l'action d'un froid prolongé à partir de +3 degrés.

La nitroglycérine peut être maintenue pendant plusieurs jours à la température de 100 degrés, sans se décomposer. On peut même à l'aide de précautions convenables porter sa température jusqu'à 193 degrés sans qu'il y ait altération, mais si on la soumet brusquement à la température de 180 degrés, elle détone ; et le contact d'un corps incandescent la fait seulement brûler. Voilà deux faits bien singuliers par leur rapprochement. Mais si la nitroglycérine enflammée est confinée dans un vase de façon que la température s'élève dans toute la masse par suite de la combustion, il y a détonation. Si l'enveloppe du vase n'est que peu résistante, la pression des gaz dégagés la brise et la combustion continue sans détonation. L'explosion de la nitroglycérine peut encore avoir lieu, quand il se produit un commencement de décomposition en l'un de ses points, et que quelque action extérieure vient déterminer un ébranlement chimique dans la masse : une élévation de température, l'action des rayons solaires, un choc peu violent suffisent alors pour donner lieu à l'explosion. Il y a donc à se méfier beaucoup de cette substance capricieuse.

La nitroglycérine conduit assez bien l'électricité, et n'est décomposée que lentement par le passage d'une série d'étincelles de la bobine de Ruhmkorff

On la voit alors devenir opaque, puis brune et si la succession des étincelles est trop rapide, la détonation a encore lieu. Un choc d'une intensité suffisante, sur tout s'il a lieu entre corps durs, fait détoner tout ou partie d'une masse de nitroglycérine; si l'intensité n'est que médiocre, le point choqué seul détone et l'explosion projette le reste du liquide. Lorsque le choc est produit par l'explosion voisine de certains fulminates, le fulminate de mercure, par exemple, la détonation de toute la masse est à peu près certaine. Toutefois, il y a des limites de distance, de quantité de fulminate employée, etc., desquelles dépendent nécessairement la violence du choc. Il est néanmoins singulier de voir le chlorure d'azote dont la détonation est réputée des plus violentes, n'avoir qu'un effet incertain quant à l'explosion de la nitroglycérine. Des éléments de nature tout à fait obscure constituant la valeur du choc, interviennent dans toutes ces circonstances pour provoquer ou non la détonation. Même gelée, la nitroglycérine peut faire explosion sous l'action d'un choc assez violent. Maintenue longtemps à une température élevée, la nitroglycérine bien pure ne se décompose pas; mais si elle contient des traces d'acide, elle se décompose spontanément à la longue, mais peu à peu. Il est donc prudent de ne pas boucher les vases qui la contiennent, de peur que la pression ne s'y élève par suite de la décomposition, et que toute la masse ne détone alors.

Enfin, cette substance a des propriétés physiologiques qui doivent la faire ranger au nombre des toxiques violents. Quelques gouttes suffisent pour donner la mort à un chien une heure ou deux après l'absorption. Une seule goutte sur la langue, suffit à donner des maux de tête considérables, des vertiges et des nausées. Le même effet se produit par le contact avec les mains, s'il existe surtout de petites excoriations. Respirer l'air d'appartements où l'on manipule la nitroglycérine suffit à nombre de personnes pour éprouver les symptômes de l'intoxication, bien que cette substance ne soit pas volatile. Le café peut combattre dans une certaine mesure, les effets de malaise produits par la nitroglycérine; il en est de même de l'acétate de morphine, et comme contre-poison radical, la potasse agit en décomposant la nitroglycérine en azotate de potasse et glycérine.

Dynamites. — Toute dynamite est constituée par la nitroglycérine mélangée à une matière absorbante quelconque qu'on nomme la base de la dynamite. Lorsque le corps qui sert de base est indécomposable (silice, alumine, tripoli, etc.), on dit que la dynamite est à base *inerte*; lorsqu'au contraire le corps absorbant peut se décomposer pendant la détonation et peut donner naissance à des composés gazeux dont l'action s'ajoute à celle de la nitroglycérine même, on dit que la dynamite est à base *active*.

Les dynamites de cette catégorie portent en général des noms particuliers, dualine, lithofracteur, etc. On retrouve dans les dynamites à un degré plus ou moins élevé, suivant la proportion de l'absorbant, toutes les propriétés de la nitroglycérine. Les dynamites sont, en général, beaucoup moins sensibles au choc que la nitroglycérine; le corps absorbant est une espèce de tampon qui communique mal aux molécules de la nitroglycérine, les effets du choc qu'il a reçu. De même l'action de la chaleur est atténuée, puisqu'une partie du calorique se trouve dissimulée au sein de la substance absorbante.

Les qualités de la base influent d'une manière notable sur la plus ou moins grande sensibilité de la dynamite, vis-à-vis des agents extérieurs, et aussi, bien entendu, sur la puissance de son explosion quand elle a lieu.

Beaucoup de substances inertes peuvent être employées à former des bases de dynamites. M. Nobel a employé en Allemagne une silice particulière nommée *Kieselgubs* provenant de l'incinération de certaines algues. M. Ibos (*Ibos*) a pro-

posé l'emploi de la *randanite* composée de 97 % de silice et de 3 % de différents oxydes métalliques. A la poudrerie de Vonges, on emploie une substance analogue à la randanite, et qui peut absorber jusqu'à 90 % de nitroglycérine. (le p. % étant pris par rapport au poids total du mélange).

Les qualités à rechercher pour une base de dynamite sont un grand pouvoir absorbant pour la nitroglycérine, afin que le titre de la dynamite soit élevé; puis la difficulté à laisser s'écouler, sans des efforts accidentels, la nitroglycérine absorbée, afin d'éviter les détonations fortuites.

Propriétés des dynamites. — La couleur résulte de celle de la nitroglycérine et de celle de l'absorbant. La densité est variable suivant le mode de fabrication toujours un peu moindre que celle de la nitroglycérine.

La dynamite brûle dans les mêmes conditions que la nitroglycérine, quand on en approche un corps en ignition; la flamme donne une marche plus rapide à la combustion que le contact d'un fer rouge. Comme pour la nitroglycérine, si l'enveloppe contenant la dynamite offre quelque résistance à la sortie des gaz formés par la combustion, l'explosion peut s'en suivre. Différents accidents sont arrivés à des imprudents qui avaient jeté au feu des cartouches formées de dynamite. L'action du froid se fait aussi un peu moins sentir sur la dynamite que sur la nitroglycérine; la base empêche la congélation de se produire aussi vite, de même qu'on ne peut dégeler la dynamite qu'à une température de 11 à 12 degrés. Le choc doit être plus énergique pour produire la détonation qu'avec la nitroglycérine pure, et ce n'est qu'entre coups très-durs qu'on peut réussir à provoquer l'explosion par le choc : fer sur bois ne produit pas la détonation. La chute d'une caisse de dynamite n'entraîne pas d'explosion. On a pu faire tomber un baril de 6 kil. plein de dynamite d'une hauteur de plus de 30 mètres sur des roches sans que l'explosion s'en suivit.

Les fulminates font détoner la dynamite comme la nitroglycérine, mais la charge de l'amorce fulminante doit être un peu plus forte, $0^{gr},5$ sont presque toujours suffisants; mais si la dynamite était gelée, il faudrait au moins 1 gr., 5 pour réussir. On se sert souvent du cordeau porte-feu de Bickford pour produire la détonation des amorces; mais il faut alors avoir soin que le feu ne se communique pas à la dynamite avant l'explosion de l'amorce, sans quoi, l'on s'exposerait à un raté, parce que l'effet de l'amorce pourrait s'exercer au sein d'une portion de dynamite déjà enflammée et être trop loin des parties non encore en ignition.

L'eau n'altère pas la nitroglycérine et ne lui enlève pas ses propriétés détonantes; il en est de même à l'égard de la dynamite pour un séjour peu prolongé. Mais à la longue, l'eau chasse la nitroglycérine de son mélange avec la base, et toute la nitroglycérine, au bout d'un certain temps, viendrait se réunir à la partie inférieure du vase contenant préalablement la dynamite, si l'eau pouvait pénétrer dans ce vase, et par là rendre à la substance ainsi modifiée tous les inconvénients de la nitroglycérine. Il est donc imprudent de ne pas se méfier de la dynamite qui a séjourné quelque temps sous l'eau, dans des récipients dont la fermeture n'est pas assurément hermétique.

On rencontre la dynamite dans le commerce sous forme de cartouches de différentes contenances, depuis 25 grammes jusqu'à 100 grammes. L'enveloppe de ces cartouches est en papier d'étain. On peut facilement constater l'état de la substance dans chaque cartouche, en l'ouvrant par les deux bouts; on peut juger de l'état du mélange de la nitroglycérine avec l'absorbant, constater s'il y a ou non *exsudation* c'est-à-dire séparation de nitroglycérine d'avec la base; ce qui serait très-dangereux. La décomposition lente et spontanée de la dynamite ne parait nullement à craindre. On doit s'en assurer de temps en temps à l'aide

du papier de tournesol qui ne doit pas déceler d'acidité dans le mélange. Si la décomposition lente venait à se présenter, il faudrait se débarrasser de la dynamite qui en serait atteinte, car les agents extérieurs accidentels pourraient à quelque moment précipiter la réaction en rompant l'équilibre chimique déjà ébranlé, et donner lieu à une explosion formidable. Tout ce qui vient d'être dit s'applique, avec des différences en plus ou en moins, à toutes les dynamites à base inerte; le dosage et la qualité plus ou moins bonne de l'absorbant déterminent le degré d'innocuité aussi bien que la puissance de la dynamite.

Dynamite à base active. — On a eu l'idée d'associer la nitroglycérine avec des substances combustibles ou détonantes, servant de base, et qui pourraient ajouter leurs propres effets à ceux de la nitroglycérine; on espérait ainsi, par des substances convenablement choisies, faire disparaître les quelques inconvénients attachés à la dynamite à base inerte ou à la nitroglycérine, à savoir la sensibilité au froid ou les propriétés toxiques, etc L'oxygène en excès qui se dégage pendant la décomposition de la nitroglycérine peut facilement permettre de brûler du carbone, c'est de cette idée qu'est parti M. Martel pour produire la dynamite qui porte son nom, mais qui a été promptement abandonnée, à cause des dangers qu'elle présente.

Le *lithofracteur* résulte du mélange de la nitroglycérine avec une poudre noire très-lente. L'absorption de la nitroglycérine se fait très-bien, et la dynamite qui en résulte a la consistance du mastic, ce qui rend le lithofracteur assez peu sensible aux chocs. Presque aucun avantage ne résulte du choix de la poudre comme absorbant. Le lithofracteur gèle comme la dynamite ordinaire; il est très-hygrométrique à cause des sels de potasse qu'il contient, ce qui est un assez grand inconvénient; enfin, à volume égal ses effets sont inférieurs à ceux de la dynamite ordinaire au même dosage.

La *dualine* se compose de 50 parties en poids de nitroglycérine, 30 parties de sciure de bois traitée préalablement par l'acide azotique, et 20 parties d'azotate de potasse. La présence de la sciure de bois rend cette substance assez peu sensible aux chocs, mais aucun autre avantage ne résulte du mélange en question, bien au contraire la dualine est très-dangereuse, très-hygrométrique et moins puissante à volume égal que la dynamite siliceuse.

La *poudre ternaire* est une variété de la *dualine*, bien que le nom ne semble pas l'indiquer; la sciure de bois est remplacée par de la cellulose et le dosage est un peu plus fort.

Dynamite au coton-poudre de Trauzl. — A la suite des dynamites à base ligneuse, il est naturel de penser au choix du coton-poudre comme absorbant. Ce corps jouit en effet à très-peu près des mêmes propriétés physiques que les ligneux et possède en outre des qualités explosives comparables à celles de la nitroglycérine. Un mélange de 75 % de nitroglycérine avec 25 % de coton-poudre constitue une dynamite inaltérable par l'eau, que l'on peut conserver à l'état humide et qui n'offre alors aucun danger de maniement. La détonation sous l'influence d'une forte amorce fulminante en est parfaitement sûre et tout aussi puissante que si la substance ne contenait pas d'eau.

Enfin, on a essayé en Angleterre de prendre comme absorbant le coton-poudre nitraté, qui est déjà par lui-même au moins aussi usité dans l'industrie minière que la dynamite. Les résultats du mélange ont été aussi bons qu'on pouvait s'y attendre. Le choix de l'absorbant peut, comme on voit, varier à l'infini; mais aucun des mélanges que nous avons jusqu'ici passés en revue, ne supprime les effets toxiques de la nitroglycérine, ce qui est cependant à prendre en grande considération. Aussi nous voulons mentionner la

dynamite magnésienne, proposée par M. Cavalier, pharmacien de la Marine française. L'auteur a recherché une substance ayant : 1° un pouvoir absorbant considérable ; 2° la faculté d'assurer la neutralité de la nitroglycérine lorsqu'il s'y manifeste des traces d'acidité ; 3° une grande inaptitude à l'explosion sous l'action des chocs ou efforts quelconques ; 4° l'insensibilité aux effets des agents extérieurs, humidité, chaleur, lumière, électricité, etc. Le carbonate de magnésie réunit tous ces avantages ; il peut absorber jusqu'à 85 % de nitroglycérine. Le dosage à 70 % donne les résultats les plus satisfaisants ; au-dessus de 60 % il est nécessaire d'augmenter la force des amorces fulminantes habituellement employées pour faire détoner les dynamites.

Dynamite gélatineuse camphrée.

Il y a quelques années M. Nobel découvrit qu'une espèce particulière de coton-poudre-collodion se dissolvait intégralement dans la nitro-glycérine et formait avec ce liquide un corps d'une structure analogue à celle de la gomme et de la gélatine. Par sa composition même, cet explosif est plus puissant que la dynamite ou kieselguhr ; il n'est, pour ainsi dire, aucunement altéré par l'eau et il n'abandonne point de nitroglycérine même sous une très-forte pression. Par l'addition de certaines susbtances solubles dans la nitroglycérine, telles que l'acétone, la benzine, la nitrobenzine, on peut rendre cette dynamite moins sensible au choc, sans trop diminuer son pouvoir brisant.

M. Nobel prépara une dynamite gélatineuse normale composée de 93 % de nitroglycérine et 7 % de fulmi-coton soluble ; il la présenta en Autriche à la commission d'examen des explosifs pour obtenir l'autorisation d'en faire commerce. La comission constata que cet explosif est éminemment peu sensible aux chocs, frictions, pressions et à l'action de l'eau ; mais elle reconnut aussi que pour détoner d'une manière complète, il exige, même quand il est renfermé dans une enveloppe résistante et quand il est dégelé la détonation d'une forte charge amorce. Ainsi cette dynamite gélatineuse placée dans des boîtes en fer blanc et dégelée, détonait incomplétement quand elle était amorcée par une capsule de 1 gramme de fulminate. On retrouvait après chaque explosion des parcelles de dynamite, de la grosseur d'une tête d'épingle, dispersées. Quant à la résistance au choc, la dynamite gélatineuse reste insensible à un choc représentant un travail de 13^{kmg},5 dans des conditions où la dynamite au kieselguhr détonait, dès le premier coup, sous une percussion de 1 kilogrammètre.

S'appuyant sur ces résultats la société allemande-austro-hongroise des dynamites a entrepris de nouvelles recherches et elle vient de produire un nouvel explosif qui, pour les usages militaires, présente des avantages considérables sur ceux qui étaient connus jusqu'à ce jour. Les travaux ont été conduits par M. Trauzl et exécutés dans la fabrique de dynamite de Zamkg. Les résultats se résument en ce fait que *si l'on ajoute une proportion même très-minime de camphre, substance très-soluble dans la nitroglycérine, à une dynamite gélatineuse composée de nitroglycérine et de fulmi-coton soluble, on obtient un explosif qui est éminement peu sensible aux actions mécaniques et en particulier au choc des balles.*

En raison de cette propriété même, la dynamite gélatineuse camphrée exige, pour détoner, une cartouche spéciale plus brisante que celles que l'on a employées jusqu'à présent. Après de nombreux essais on s'est arrêté pour cette amorce à un mélange de nitroglycérine et d'une nitro-cellulose préparée d'une manière particulière, dont il sera parlé plus loin.

Ce nouvel explosif est *presqu'absolument insensible à l'action de l'eau* et il a

une force brisante qui surpasse d'une manière très-marquée celle de la dynamite au kieselguhr et celle du coton poudre comprimé.

Nous allons maintenant donner quelques détails sur sa composition et ses propriétés.

Composition. — La dynamite gélatineuse camphrée est composés de 4 % de camphre et de 96 % de dynamite gélatineuse. Cette dernière est formée de 90 % de nitroglycérine et de 10 % de fulmi-coton soluble.

Caractères physiques. — Elle est élastique, translucide, d'une couleur jaunâtre, d'une densité de 1,6. Elle peut subir de fortes pressions sans exsudation.

Portée à la température de 50° elle se ramollit un peu mais sans laisser échapper de nitroglycérine.

Stabilité. — Elle résiste moins longtemps que la dynamite au kieselguhr à l'action d'une température de 70°. Les vapeurs nitreuses commencent à se dégager de la dynamite au kieselguhr après 8 jours et de la dynamite gélatineuse après le 7e.

L'état gélatineux de la matière empêche la sublimation rapide du camphre même à une température voisine de 45°, on ne s'est point encore occupé d'augmenter la stabilité du nouvel explosif par l'addition de carbonates alcalins, comme on l'a fait pour le coton poudre, et par les dispositions de l'enveloppe destinée à le conserver.

Congélation. — La congélation de la nitroglycérine se produit dans la dynamite gélatineuse, camphrée ou non camphrée, avec beaucoup plus de difficulté que dans la dynamite au kieselguhr. Le dégel est au contraire plus facile et plus prompt; il s'opère sans exsudation. La dynamite gélatineuse gelée a la consistance du sucre candi. Elle est plus sensible au choc que lorsqu'elle est dégelée.

Action de l'eau. — La dynamite gélatineuse camphrée s'altère par une immersion prolongée dans l'eau, mais l'alteration n'est que superficielle. Les couches extérieures, en perdant la nitroglycérine et le camphre qu'elles renferment se transforment en une pellicule de collodion qui protège, dans une certaine mesure, le reste de la masse. Sous ce rapport elle présente les mêmes avantages que le coton-poudre et doit être préférée à la dynamite siliceuse qui, on le sait, s'altère sous l'eau.

Action du feu. — Lorsqu'on approche un corps enflammé d'une charge de dynamite gélatineuse camphrée placée à découvert, cette charge brûle comme la dynamite ordinaire ou le coton-poudre.

Action du choc. — On a fait des expériences en tirant sur des charges de dynamite gélatineuse camphrée avec le fusil d'infanterie.

Dégelée, au dosage de 4 % de camphre, elle n'a détoné ni ne s'est enflammée en aucun cas; au dosage de 1 % de camphre, elle a donné une petite détonation locale avec dispersion du reste de la charge.

Gelée, au dosage de 4 % de camphre et appuyée sur une plaque de fer, elle a détoné; au dosage de 1 % de camphre et appuyée sur une pièce de bois, elle a détoné aussi, mais la protection d'une planche en bois tendre de $0^m,026$ d'épaisseur a suffi pour empêcher la détonation.

Cette propriété curieuse du camphre de rendre la dynamite gélatineuse moins sensible au choc tient à ce que l'addition du camphre élève la température d'explosion de la substance. On a constaté en effet que la dynamite gélatineuse pure, échauffée lentement détone à 240° et, échauffée rapidement, à 200°, tandis que quand elle est additionnée de 4 % de camphre ou plus, échauffée lentement elle ne détone plus, elle fuse, et échauffée rapidement elle ne détone qu'à une

température supérieure à la température d'inflammation de la poudre à canon (300° à 333°).

Cette insensibilité au choc, comparable à celle du coton poudre comprimé contenant 15 $^0/_0$ d'eau, est à rechercher non-seulement en vue de la sécurité de ceux qui, sur un champ de bataille, se trouvent à portée des approvisionnements de dynamite, mais aussi pour la défense des côtes par les torpilles, car *elle diminue la portée des contre-torpilles*. Elle est importante aussi pour le chargement des projectiles creux qui doivent résister à la percussion initiale du canon. L'expérience a montré en effet que la dynamite siliceuse ne pouvait être employée au chargement des projectiles creux qu'à condition de réduire à 50 $^0/_0$ la proportion de nitroglycérine, ce qui diminue dans cette proportion la force brisante. D'autre part, on n'employait jusqu'à ce jour que des projectiles pleins pour percer les cuirasses, parce que les projectiles creux auraient fait explosion dès le premier choc contre la cuirasse et n'auraient pas eu le temps d'y pénétrer; il n'en sera plus de même avec les explosifs peu sensibles au choc.

Il faut remarquer toutefois que l'on perdrait tous ces avantages si la charge amorce était plus sensible que le reste de l'explosif; mais il est probable que cette amorce par sa position même au centre d'un corps gélatineux sera préservée dans une certaine mesure. C'est à l'expérience à décider. Un fait seul paraît bien acquis c'est que des voitures portant de la dynamite gélatineuse camphrée, avec les charges amorces placées à part et renfermées dans des cassettes blindées, ne courent aucun danger d'explosion sous le choc des balles de fusil. Il est loin d'en être ainsi pour les dynamites siliceuses.

Sensibilité aux explosions voisines. — L'expérience a montré que la dynamite gélatineuse camphrée à 4 $^0/_0$ était beaucoup moins sensible que les dynamites siliceuses.

Force brisante. — Des expériences de rupture faites sur des poutres de bois et des plaques de fer ont montré que, à *poids égal* la dynamite gélatineuse camphrée au dosage de 4 $^0/_0$ était plus forte de 25 $^0/_0$ que la meilleure dynamite siliceuse, et que le coton-poudre comprimé humide à 15 $^0/_0$ d'eau.

L'état de congélation de la charge et de la cartouche amorce parait ne pas diminuer la force brisante de la dynamite gélatineuse, même pour des charges ayant jusqu'à 0^m,63 de longueur.

Voici quelques chiffres provenant d'expériences et qui s'appliquent à des cartouches parallélipipèdiques de 0^m,16 de longueur couchées sur des plaques de fer.

Charge de rupture :	100	grammes pour	une épaisseur	de plaque de	13	m. m.
—	160	—	—	—	26	—
—	190	—	—	—	30	—

Nous ferons remarquer que la densité de la dynamite gélatineuse camphrée étant plus grande que celle de la dynamite siliceuse et que celle du coton poudre, la première de ces substances aura à *volume égal* une force explosive relative bien plus considérable encore; cette observation n'est point sans importance pour le chargement des projectiles creux.

Cartouche amorce. — Cette cartouche nouvelle nécessitée par la dynamite gélatineuse camphrée est composée de 60 $^0/_0$ de nitro-glycérine et de 40 $^0/_0$ d'un produit nitreux tiré de la cellulose d'une manière particulière.

Girard, en traitant la cellulose, à l'état de filaments de coton, par l'acide chlorhydrique étendu a obtenu une substance blanche pulvérulente qu'il a appelée

hydrocellulose. Cette substance traitée par l'acide azotique a l'avantage de ne point devenir gélatineuse quand elle s'imprégne de nitro-glycérine, comme les autres cotons-poudres, ce qui permet de la transformer en une poudre à grains fins. Le poids de la nouvelle cartouche amorce est de 20 grammes.

Prix de revient. — Le prix de revient de la dynamite gélatineuse fabriquée en grand paraît devoir être le double de celui de la dynamite ordinaire. Cette raison suffit pour l'exclure de la pratique industrielle; une autre raison c'est sont défaut de plasticité qui en rend l'usage incommode pour les pétardements.

Eléments de l'explosion des dynamites. — Nous ne parlerons que des dynamites à base inerte, et par suite de la nitroglycérine seule. Il suffira pour chaque espèce de dynamite de multiplier toutes les quantités données en chiffres par la proportion de nitroglycérine pure contenue dans le mélange. L'explosion de la nitroglycérine se produit avec une rapidité extrêmement grande; celle de la poudre ordinaire contenue dans un canon ne peut qu'en donner une idée encore très-éloignée. La formule de la décomposition est, d'après M. Berthelot :

$$C^6H^2(AzO^6H)^3 = 6CO^2 + 5HO + 3Az + O.$$

Toutes les substances du second membre de l'équation sont à l'état gazeux, et y demeurent pendant toute la détente, sauf l'eau qui peut se liquéfier si elle se trouve dans des conditions convenables de température et de pression. La quantité de chaleur dégagée s'élève pour 1^{kg} de nitroglycérine à 1320 calories; le volume des gaz produits ramené à la pression de $0^m,760$ ou une atmosphère et à une température suffisante pour que l'eau soit toujours à l'état de vapeur est représenté par $710^{lit}(1+at)$ pour 1 kilog. ou $1125^{lit}(1+at)$ pour un 1 litre de nitrogly-cérine. Si l'on comptait encore la chaleur dégagée par la liquéfaction de l'eau, lors de la détente des gaz, on trouverait qu'il faut ajouter aux 1320 calories énoncées plus haut environ 106 autres calories, ce qui porte à 1426 le nombre d'unités de chaleur susceptibles de se transformer en travail lors de l'explosion. A poids égal, la nitroglycérine produit à peu près un volume gazeux 3 fois $^1/_2$ égal à celui de la poudre et à peu près 2 fois $^1/_4$ autant de chaleur. Nous n'insisterons pas pour le moment sur ces chiffres, qui quoique très-considérables sont encore insuffisants pour permettre de se rendre compte de la différence entre les effets de la dynamite et de la poudre. Les mêmes phénomènes se représentant avec le fulmi-coton et d'autres substances très-vives, nous en donnerons l'explication bien abrégée après avoir passé en revue ces quelques substances.

Fulmi-coton.

En 1833, le chimiste français Braconnot reconnut que l'amidon sous l'action de l'acide azotique concentré se changeait en un corps particulier qu'il appela xyloïdine. Plus tard, Pelouze trouva à son tour que le coton, et en général toutes les matières ligneuses traitées, par le même acide azotique se transforment chimiquement et étaient remplacées par une matière de même aspect, insoluble dans l'eau et très-inflammable. C'était le fulmi-coton, d'invention tout à fait française, comme on le voit.

Mais ce ne fut qu'après les recherches d'un grand nombre d'autres chimistes étrangers, qu'on pensa à utiliser le fulmi-coton dans les armes à feu à la place de la poudre de guerre. Des accidents nombreux dégoutèrent rapidement de l'usage du nouveau produit, qui donna lieu souvent à des explosions spontanées. L'Autriche même qui avait persévéré plus longtemps que les autres

nations fut obligée de renoncer à se servir du fulmi-coton après l'explosion formidable d'un magasin, qui eut lieu en 1862.

Enfin, en 1865, M. Abel, chimiste anglais trouva un procédé de fabrication du coton-poudre qui le rendait définitivement à peu près inoffensif. Il le réduisait en pâte, et le comprimait en disques d'une certaine épaisseur, et sous cette forme le fulmi-coton parait peu sujet aux décompositions spontanées.

Composition chimique du coton-poudre. — L'action de l'acide azotique sur le coton peut se représenter par la formule.

$$C^{12} H^{10} O^{10} + 3 Az O^5 = C^{12} H^7 O^{10}, 3 Az O^4 + 3 H O.$$

Trois équivalents d'acide hypoazotique se sont substitués à 3 équivalents d'hydrogène, exactement comme dans la réaction de l'acide azotique sur la glycérine.

Préparation. — Les manipulations nécessaires pour obtenir le coton-poudre d'Abel (gun-cotton) sont des plus simples. Voici en abrégé, d'après le *Standard* comment on opère à Stowmarket à l'usine de M. Prentice acquéreur du brevet de M. Abel :

On prend le coton présentant une belle couleur blanche et exempt de corps étrangers. On le place dans une ou deux chambres de séchage à la vapeur, puis on le fait passer dans des cuves contenant le mélange acide formé de 3 parties en poids d'acide sulfurique et de 1 partie d'acide azotique. Le coton introduit dans chaque cuve est pesé, et on le laisse tremper pendant quelque temps en l'agitant pour que toutes les parties s'imbibent bien. Après cela chaque paquet de coton est pressé jusqu'à ce qu'aucune goutte d'acide ne tombe d'elle-même du paquet. On abandonne ensuite les paquets chacun dans un vase où ils restent de 10 à 12 heures pour donner le temps à l'acide de transformer tous les brins. Cela fait on place les paquets dans des essoreuses qui enlèvent tous les acides libres, puis on lave à grande eau pour arrêter définitivement l'action de l'acide. Après que le paquet a été soumis à plusieurs lavages successifs et a passé dans autant d'essoreuses, on l'envoie à une machine à déchiqueter puis à une batteuse qui le réduit en bouillie. Quand la consistance est devenue convenable, on soumet la matière à des presses qui lui font supporter, dans des moules, une pression de 6 à 700 kilogrammes par centimètre carré. Le fulmi-coton sort de là sous forme d'un corps dur, sonore, stratifié, d'un blanc légèrement jaunâtre; sa densité peut aller jusqu'à 1,08, suivant le degré de compression auquel il a été soumis.

Le coton-poudre est inaltérable à l'eau, sa solubilité dans ce liquide est complètement nulle. Il n'en est pas de même vis-à-vis de l'éther, puisque la dissolution du fulmi-coton en flocons dans ce liquide constitue le collodion.

Le coton-poudre s'enflamme vers la température de 180°. Comme la dynamite, il ne fait alors que brûler, et d'autant moins vivement qu'il a été plus comprimé. En flocons sa combustion est si rapide qu'on peut l'opérer dans le creux de la main sans en être brûlé, et sur un tas de poudre sans l'enflammer. Comme celle de la dynamite, la détonation du fulmi-coton est produite par celle d'amorces fulminantes; mais elles doivent être plus fortes que pour la dynamite, et d'autant moins fortes que la densité du fulmi-coton est plus grande. L'action du fulminate sur du fulmi-coton en flocons fait détoner les parties en contact, ou voisines, qui projettent le reste et l'enflamment. La détonation d'un morceau de fulmi-coton entraine celle de la dynamite, mais la réciproque n'est pas vraie; le pyroxyle est plus rebelle à la détonations que la nitroglycérine, ce qui est une grande cause de sécurité. Il n'a aucune des propriétés malfai-

santes de la nitroglycérine, et on ne peut pas le comparer mieux qu'à un morceau de carton, tant il est loin de l'action d'un fulminant faisant explosion. Et même pour que l'amorce fulminante dont on se sert puisse sûrement amener la détonation du fulmi-coton, il faut, outre la quantité de fulminate requise, prendre encore certaines mesures de précaution sans lesquelles le fulmi-coton ne ferait que brûler en partie; il faut, par exemple, que l'amorce soit serrée au contact du fulmi-coton. On introduit ordinairement l'amorce dans un trou percé exprès pour la recevoir, dans le morceau de fulmi-coton; or les parois de ce trou présentent le fulmi-coton à un état de compression moindre que tout le reste du gâteau; elles sont même tapissées de brins épars de fulmi-coton qui approchent de l'état floconneux, impropre comme nous l'avons vu, à recevoir et transmettre le choc de l'explosion d'une amorce. L'amorce étant au contraire serrée dans ce trou, les parois reprennent leur densité.

La nature du tube de l'amorce exerce aussi une influence sur l'effet de sa détonation vis-à-vis du fulmi-coton; un tuyau de plume est absolument nuisible à l'explosion du fulmi-coton, tandis que des tubes en fer blanc mince, en clinquant, en cuivre rouge, à cause de leur élasticité, et de la manière nette dont ils transmettent les chocs, conviennent très-bien à la confection d'amorces pour le fulmi-coton. La détonation du fulmi-coton par le fulmi-coton se produit à distance variable suivant la quantité qui fait explosion d'abord. De légers obstacles, des enveloppes de papier parchemin entourant les différents morceaux de fulmi-coton n'empêchent pas la transmission de la détonation. Des écrans en fer blanc placés entre les différents morceaux permettent encore la transmission; mais il semble que la détonation des morceaux les plus éloignés devienne de moins en moins nette, ce qui semble indiquer que l'énergie d'une détonation de fulmi-coton dépend beaucoup de la manière dont cette détonation est provoquée. Il existe pour le fulmi-coton une véritable série de détonations différentes qui se terminent par une explosion très-peu accentuée et dans laquelle il y a une production abondante de vapeurs rutilantes, explosion presque sans vigueur.

La déflagration du pyroxyle donne des résultats variables avec les conditions de l'explosion. Aussi faudrait-il pouvoir ajouter aux nombres que nous allons donner la connaissance exacte de la nature et des produits de l'explosion. Voici, comme exemple de l'influence des circonstances de l'explosion sur les effets, un tableau qui donne les produits de la déflagration dans le vide et dans un espace beaucoup plus restreint, c'est-à-dire dans le cas d'une haute pression. Ce tableau est dû au chimiste Karolyi.

PRODUITS.	POUR CENT EN POIDS	
	à haute pression	dans le vide
Acide carbonique	20,8	33,86
Oxyde de carbone	37,6	29,97
Azote	4	13,16
Carbures d'hydrogène	4,6	4,28
Carbone	»	1,62
Hydrogène	»	0,24
Vapeur d'eau	15,8	16,87
Oxyde d'azote	17,2	»

La quantité de chaleur dégagée par l'explosion du fulmi-coton dans une bombe a été trouvée par MM. Roux et Sarrau égale à 1056 calories par kilogramme.

Le coton-poudre détone à l'air libre sous l'influence des amorces fulminantes, absolument comme la dynamite. Mais le véritable avantage qu'il prend sur cette dernière substance, c'est de détoner aussi bien quand il est mouillé que quand il ne l'est pas, et comme il est inaltérable dans l'eau pure, son usage pour les travaux sous l'eau est des plus avantageux. S'il reste quelque inquiétude sur la stabilité du coton-poudre Abel à l'état sec, toute crainte doit disparaitre avec du coton-poudre Abel imprégné d'eau. Rien ne peut alors le faire détoner accidentellement; il faut pour provoquer cette détonation celle d'un morceau sec de fulmi-coton mis en contact avec la charge humide. Il ne peut pas non plus s'enflammer; il faut qu'il sèche d'abord. Il est donc impossible de trouver plus de sécurité qu'avec une pareille substance.

La magnifique expérience qui consiste à renfermer une charge de fulmi-coton dans un simple filet de pêche, en réservant au centre un morceau amorcé et préservé de l'humidité par une boîte étanche ou une enveloppe en caoutchouc, puis à provoquer la détonation de la cartouche amorce, laisse toujours les spectateurs dans la plus profonde admiration. L'explosion de toute la masse est, en effet, aussi vigoureuse que si toute la charge était sèche.

Fulmi-coton nitraté. — Monsieur Abel a cherché à mélanger du nitre en poudre avec la pâte de fulmi-coton; il a obtenu ainsi un produit dont les qualités sont à peu près les mêmes que celles du coton-poudre ordinaire, mais dont les effets de détonation sont cependant un peu différents; ils sont moins brisants. M. Abel ne parait pas avoir attaché une grande importance à ce fulmi-coton à l'azotate de soude et il ne s'en préoccupe plus guère. Quelques industriels anglais ont trouvé au contraire que des avantages sérieux étaient attachés à l'emploi d'un coton-poudre nitraté, et la *tonite* ou *cotton-powder* est fabriquée en grande quantité par « The Cotton-powder Company » dont les ateliers sont à Faversham.

La tonite est du fulmi-coton mélangé à du nitrate de baryte, et voici rapidement comment on le prépare à Faversham.

On traite le coton par un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique, trois parties en poids du premier pour une du second. Le coton dont on se sert provient des déchets blancs et propres des filatures, dont on enlève avec soin les matières étrangères.

On plonge le coton dans le mélange froid des acides. Une livre de coton, par exemple, étant retirée, on en exprime le liquide jusqu'à ce qu'elle ne pèse plus que 10 livres $^1/_2$, et on la laisse macérer pendant 12 heures : on la passe à l'essoreuse et on l'amène à peser 1 livre $^3/_4$ environ; lavée ensuite à l'eau courante elle est séchée dans une seconde essoreuse ; on l'envoie ensuite au laminoir qui la réduit en une pulpe très-fine après 9 passages successifs, et on termine par un lavage final à l'eau alcaline contenue dans une grande cuve tronconique. On met dans cette cuve une tonne de fulmi-coton avec 20 kilogrammes de carbonate d'ammoniaque du commerce; on y injecte de la vapeur d'eau qui maintient l'ébullition pendant 2 heures. Cette opération importante permet d'enlever tous les acides libres contenus dans le fulmi-coton. Jusqu'ici, c'est la fabrication ordinaire du pyroxyle; mais à ce moment on ajoute au fulmi-coton un poids égal au sien propre d'un mélange de trois parties de nitrate de baryte et de une de nitrate de potasse, on soumet le tout à la trituration des meules pendant plusieurs heures, et on finit par recueillir une poudre très-fine qui n'est autre que la *tonite*. On peut en former toutes les agglomérations que l'on veut. Comme elle est surtout employée au service des mines, on en fait des cylindres de diverses dimensions que l'on enveloppe de papier et que l'on trempe dans la paraffine fondue. Les propriétés de cette substance sont celles du fulmi-coton

légèrement modifiées. Elle est moins brisante tout en produisant à peu près le même travail; sa détonation est toujours produite par une amorce contenant au plus 0gr,5 de fulminate de mercure; une masse humide de tonite fait explosion sous l'action d'une cartouche sèche de la même substance de 50 à 60 grammes; elle fait détoner le fulmi-coton mouillé d'Abel. La tonite brûle très-difficilement quand elle est sèche, et quand on en allume un baton, on a le temps de couper au couteau la partie qui brûle et de la séparer du reste. Elle se fond en brûlant et tombe en gouttelettes enflammées qui continuent de brûler. Une balle de fusil en plomb durci tirée à bout portant sur une cartouche de tonite sèche n'en provoque jamais l'explosion, rarement l'inflammation. Une cartouche paraffinée détone après plusieurs jours d'immersion sous l'eau; les cartouches nues peuvent à la rigueur être conservées longtemps sous l'eau, le nitrate de baryte étant presque insoluble. Elle offre enfin une telle sécurité que c'est-à-peu près la seule matière de ce genre que les chemins de fer anglais acceptent en transport.

Picrates.

L'acide *picrique* ou *phénol trinitré* donne lieu en se combinant avec différentes bases à des sels ayant des propriétés explosives très-grandes. Cet acide fut découvert en 1788 par Haussmann en traitant l'indigo par l'acide azotique. La suie, les huiles de goudron, etc., soumises au même traitement fournissent également l'acide picrique. Aujourd'hui on l'obtient plus abondamment en traitant le phénol par l'acide azotique. La réaction a lieu à chaud, et après le refroidissement, on obtient une masse jaunâtre peu soluble dans l'eau, susceptible de cristalliser qui n'est autre que de l'acide picrique, $C^{12} H^3 (Az O^4)^{3'} O^2$ dérivant du phénol $C^{12} H^6 O^2$ par la substitution de 3 équivalents d'acide hypoazotique à trois équivalents d'hydrogène. L'acide picrique est par lui-même un explosif assez puissant; mais comme il ne renferme pas assez d'oxygène pour brûler complètement tous ses éléments, on a eu l'idée de lui adjoindre des corps oxydants.

Picrate de potasse. — On s'adresse à un sel d'acide picrique, le picrate de potasse qu'on mélange à d'autres sels très-riches en oxygène, comme le chlorate ou l'azotate de potasse.

Le mélange à poids égaux de picrate et de chlorate de potasse constitue la poudre Désignolle, poudre essentiellement dangereuse, car elle détone avec force au moindre frottement. La chaleur développée lors de son explosion est des plus considérables.

Le mélange de picrate de potasse et d'azotate de potasse est beaucoup moins dangereux, étant plus stable, et donne par sa détonation une grande quantité de gaz et de chaleur, ce qui en fait un explosif assez recommandable, malgré l'accident épouvantable arrivé chez M. Fontaine en 1869.

Picrate d'ammoniaque. — Ce sel est tout à fait rebelle à la détonation: ni le choc ni la chaleur n'en produisent l'explosion. Même associé à l'azotate de potasse, il ne détone que dans une capacité close, et alors il se développe une force explosive très-supérieure à celle de la poudre ordinaire. Le commandant d'artillerie Brugère qui est l'un des inventeurs de cette poudre la recommande beaucoup pour le chargement des obus; mais jusqu'ici son emploi ne semble se répandre ni dans l'industrie ni dans l'armée.

Phénomènes généraux des explosions.

Notions théoriques. — Lorsqu'un des corps étudiés précédemment fait explosion, on trouve toujours comme résultat du phénomène une formation de gaz et un développement de chaleur.

La transformation, si rapide qu'on la suppose, exige toujours un temps plus ou moins long; il n'y a pas de phénomène instantané, tout ce qui existe a une durée. Les moyens d'appréciation seuls nous font souvent défaut, et quand nous ne pouvons plus mesurer nous sommes naturellement portés à croire que l'élément dont il s'agit n'est plus mesurable. Il y a longtemps que nous aurions dû faire justice de cette manière de juger; le génie de Pascal a mis en lumière pour tout le monde qu'il n'y avait rien de petit ni rien de grand pour la nature.

L'explosion qui demande un certain temps pour s'accomplir, applique aussi sa puissance aux obstacles qui lui sont opposés pendant une certaine durée.

L'étude approfondie de tous les éléments que nous venons de citer conduit à se rendre compte des effets, extraordinaires au premier abord, produits par les substances explosives.

Depuis qu'on s'est livré aux études de thermodynamique le problème des explosions s'est éclairé d'un jour tout nouveau. Tout le travail produit par une explosion sur des obstacles extérieurs, provient d'une portion de la force vive de la vibration calorifique. On sait qu'une unité de chaleur ou calorie, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 0 à 1° la température de 1 kilog. d'eau, est capable de donner naissance à un travail mécanique de 435 kilogrammètres. Le nombre 435 est ce que l'on appelle l'équivalent mécanique de la chaleur.

Ce premier phénomène est bien capable d'étonner au moins autant que les effets les plus surprenants des explosions. D'un côté, une quantité qui parait bien petite à nos sens, la calorie; de l'autre le travail nécessaire pour élever 435 kilogrammes à 1 mètre de hauteur, et ces deux quantités sont équivalentes dans les secrets de la nature !

Toute la puissance d'une explosion réside dans la quantité de calories qui sont produites par la déflagration. Les effets de cette puissance dépendent en outre du temps dans lequel elle est produite, de celui pendant lequel elle est dépensée.

Le calorique, pour se transformer en travail mécanique tel que nous l'entendons habituellement, a besoin d'un intermédiaire; les corps solides, dont le volume varie très-peu par les températures les plus considérables, sont peu propres à transformer le mouvement vibratoire de la chaleur en un travai- sensible. Les gaz, au contraire, sont un intermédiaire qui permet la transformal tion d'une manière remarquable.

La quantité de gaz produits et leur nature n'intéresse qu'indirectement; il suffit qu'il y en ait et de savoir par quel nombre de calories ils sont traversés.

Cependant le volume gazeux à une certaine époque de l'explosion a quelque intérêt à être connu, parce qu'il indique en même temps la surface sur lequelle est réparti le travail de l'explosion; mais alors son utilité n'est appréciable qu'au point de vue des effets, et nullement à celui de la puissance de l'explosion.

Aucune autre quantité ne peut servir à évaluer la puissance d'une explosion que la quantité de chaleur développée dans la réaction, parce que la totalité des produits formés ne sont pas à l'état gazeux, et les composés liquides ou solides peuvent cependant fournir de la chaleur utilisable par la partie gazeuse.

L'exemple de la nitroglycérine va bien faire comprendre pourquoi l'on peut ne pas s'inquiéter tout d'abord de la masse gazeuse produite par la réaction.

On sait que dans la détonation de cette substance, il se produit de l'eau; cette eau est évidemment à l'état de vapeur; mais si elle était à l'état liquide la masse gazeuse totale serait diminuée d'autant et cependant la puissance de l'explosion resterait finalement la même. Car pour passer à l'état de vapeur, l'eau a absorbé une certaine quantité de chaleur qui serait restée répandue dans le reste de la masse, et en aurait augmenté le travail de façon à donner ce qu'on obtient finalement si l'eau repasse à l'état liquide en abandonnant la chaleur qu'elle avait empruntée.

A cause de la communication de chaleur entre les corps solides ou liquides de la réaction et les gaz, ni le volume gazeux ni sa température et sa pression ne suffisent pour permettre dévaluer la puissance d'une explosion, il faut nécessairement connaître le nombre de calories produites, qui peut seul donner une notion fixe, sur le nombre de kilogrammètres qui peuvent être mis en jeu; mais cela ne suffit pas encore pour juger des effets que l'on peut obtenir.

Tout le monde aujourd'hui, admet sans doute la comparaison des puissances d'explosion au moyen de l'évaluation thermodynamique ; mais à cause des différences notables dans les effets de substances qui donnent naissance à des quantités de chaleur dont le rapport se trouve quelquefois à l'envers de celui des effets obtenus, on a cru devoir faire appel à d'autres termes de comparaisons comme la pression, pour expliquer ces divergences.

Mais tous les moyens employés ne peuvent donner que des termes de comparaison encore plus incomplets que la connaissance du travail disponible ; parce qu'ils ne renferment qu'une partie des éléments qui entrent en jeu dans le travail lui-même et ne tiennent pas plus que lui compte de la durée des actions.

Il n'y aurait pas de reproche à faire au terme de comparaison choisi par M. Sarrau, à savoir le produit pv, de la pression par le volume gazeux, si dans la déflagration toutes les substances produites étaient à l'état gazeux. On sait, en effet, que ce produit pv est égal à $\frac{3}{2}$ M u^2, M désignant la masse gazeuse et u la vitesse de vibration des molécules; c'est dire que le produit $p\ v$ est proportionnel à l'énergie ou au travail disponible dans la masse gazeuse. Malheureusement quand une portion des composés finaux non gazeux peut céder de la chaleur à la partie gazeuse, l'énergie de cette dernière se trouve accrue d'autant, et le produit pv se trouve inférieur à ce qu'il devrait représenter.

Les classements faits par toutes les méthodes autres que celle de l'évaluation des quantités de chaleur nous paraissant arbitraires, nous adopterons exclusivement celle-ci qui fournit le tableau suivant :

MATIÈRES.	CALORIES par kilogramme.	TRAVAIL équivalent en kilogrammetres
Poudre de chasse fine.	850	370,000
— de guerre, à canon..	800	350,000
— de mine..	610	260,000
Chlorure d'azote.	340	148,000
Nitroglycérine..	17,85	770,000
Pyroxyle..	11,20	490,000
Picrate de potasse.	840	365,000
Mélange de 55 de picrate de potasse et 45 de salpêtre.	965	420,000
Mélange de poids égaux de picrate et de chlorate de potasse.	12,25	530,000

Ce qui frappe tout d'abord c'est l'énorme quantité de travail qui apparait lors de l'explosion de 1 kilogramme d'une quelconque de ces substances; 1 kilogramme de poudre de chasse met au monde par la déflagration une puissance, qu'il tenait renfermée, capable de soulever 1000 kilogrammes, un tonneau, à 370 mètres de hauteur.

Toute cette puissance ne peut pas être employée pratiquement, tant s'en faut; mais la fraction utilisée reste encore très-considérable. Ainsi, dans un bon canon, on recueille en force vive pour le projectile à peu près $^1/_5$ de la quantité de travail correspondant à la charge adoptée, lorsque la proportion entre le poids de la charge et celui du projectile reste comprise entre des limites convenables. Les $^4/_5$ qu'on ne retrouve pas ont été perdus, soit en chaleur communiquée aux parois, soit par la température que possédent encore les gaz à la sortie du canon, soit enfin par le travail effectué pour distendre les parois du canon, travail qui n'est restitué qu'après la sortie du projectile

Dans d'autres circonstances, la poudre donne un rendement différent; la nature du travail auquel on applique son effet, joue un rôle capital pour déterminer la valeur du rendement.

Il en est de même pour les autres substances explosives; l'effet qu'elles produisent dépend essentiellement du genre de travail qu'on leur impose, et suivant les cas le rapport de leurs rendements respectifs est très-variable. Il n'y a donc pas lieu de comparer d'une manière fixe, par le rapport des effets qu'elles produisent, la puissance de deux substances explosives.

Au nombre des éléments dont il faut tenir compte, pour juger des effets qui seront obtenus, le temps pendant lequel se développe tout le travail de la substance explosive joue un rôle principal. On conçoit en effet, que si un obstacle quelconque doit supporter un même travail en des temps plus ou moins longs, le résultat sera bien différent.

Par exemple si l'on suppose que la même proportion des deux puissances de la poudre et de la nitro-glycérine soit employée à produire un effet de destruction sur un obstacle, on voit par le tableau que d'une manière absolue et indépendante du temps d'action, le rapport des résultats obtenus serait environ celui du simple au double; mais si la nitroglycérine développe toute l'action dont elle est capable dans un temps deux ou trois fois moindre, le rapport des effets obtenus sera tout autre. On comprend très-bien, qu'un obstacle qui pourrait supporter 10 fois de suite le choc de 1 kilog. tombant de 1 mètre de hauteur serait souvent brisé par le choc de 10 kil. tombant en une seule fois de la même hauteur. Plus le temps d'action est long pour une même quantité de travail, plus le nombre de points qui participent à l'effort de résistance est grand et moins les effets de destruction sont sensibles.

Il faut ajouter d'ailleurs que les pertes de travail par communication de chaleur, sont aussi d'autant moindres que la durée d'action est plus courte. Tout le secret des effets brisants de la nitroglycérine, du pyroxyle, de l'iodure d'azote, du fulminate de mercure est renfermé dans la soudaineté de leur explosion, du développement de leur travail.

En suivant cette idée, on arrive facilement à concevoir qu'on puisse modifier dans une certaine mesure les effets habituels d'une substance explosive, en rendant plus rapide sa déflagration. Ainsi, en enflamment une masse de poudre à canon en plusieurs points, simultanément, on obtient des effets un peu plus brisants. En employant à la détonation d'une charge de poudre des amorces fulminantes assez fortes, on augmente un peu encore les effets de destruction, parce que la masse fulminante détermine la déflagration de la poudre presque simultanément en un grand nombre de points, etc.

La déflagration de la poudre elle-même, sans charcher d'autre exemple, offre

selon les circonstances dans lesquelles elle se produit, des différences tenant à la même cause. Quand elle détone dans une capacité ouverte les effets de destruction qu'elle produit sur les parois qui la renferment sont de peu d'importance, et l'on sait qu'alors sa combustion est relativement lente; lorsqu'au contraire sa détonation a lieu dans une capacité fermée, elle acquiert une puissance de destruction bien plus dangereuse pour les parois, sans que le travail total qu'elle développe soit plus considérable. C'est depuis cette remarque que l'on s'est appliqué à former des grains de poudre qui empêchent la combustion d'être aussi rapide, pour en faire usage dans les canons monstrueux que l'on emploie aujourd'hui, et qui ne résisteraient pas aussi longtemps à une déflagration trop rapide de la poudre.

Nous allons maintenant citer quelques-uns des effets de la dynamite ou du fulmi-coton.

Ces deux substances peuvent détoner à l'air libre sous l'influence d'une amorce fulminante, et n'ont pas besoin d'être enfermées pour que la rapidité de leur déflagration atteigne les proportions qui en font une détonation violente.

Il résulte de là que lorsqu'on fait détoner une charge de l'une de ces deux substances sur un obstacle, sans qu'elle soit emprisonnée, l'obstacle reçoit une atteinte profonde Ainsi, un arbre entouré d'un saucisson de dynamite est coupé net par le fait de l'explosion. Une chaîne en fer très-grosse est brisée par la détonation d'une cartouche de 50 grammes appliquée contre elle.

Il est presque inutile après les deux effets que l'on vient de citer, de dire que l'action de la dynamite sur le roc et la pierre moins dure, produit des fractures énormes. On se sert très-avantageusement de cette substance ainsi que du fulmi-coton au nitrate de baryte, pour l'exploitation des carrières.

Il importe de citer un des traits caractéristiques de l'action des poudres vives sur les milieux dans lesquels elles font explosion : leur effet se fait sentir presque également dans toutes les directions, tandis que celui de la poudre noire se trouve surtout dans la direction des lignes de moindre résistance; les autres directions souffrent beaucoup moins. On trouve facilement la cause de cette différence dans la durée de l'une ou l'autre explosion.

Bien que la dynamite et le fulmi-coton puissent détoner nettement à l'air libre, il n'est pas douteux que leurs effets sur l'obstacle qui les supporte ne soient beaucoup moindres que si ces substances étaient renfermées, même sur une portion seulement du contour de leur volume; car toute la fraction de travail qui peut se perdre par cette portion du contour est notablement diminuée s'il se trouve une enveloppe empêchant cette déperdition. Il suffit de recouvrir une cartouche de dynamite avec une poignée de sable, pour que les effets de destruction opérés sur le corps qui supporte la cartouche soient considérablement accrus.

L'eau qui constitue une enveloppe des plus hermétiques autour d'une charge de dynamite ou de fulmi-coton, en rend les effets très-grands sur les corps immergés. Aussi se sert-on avec succès de ces substances pour détruire les obstacles qui se trouvent sous l'eau : navires échoués, rochers, etc.

De même encore, on charge les torpilles avec quelques kilogrammes de dynamite ou de fulmi-coton, de 10 à 12 kilogrammes, et cette charge relativement faible suffit, sous l'eau, pour faire des brèches de 12 mètres carrés aux carènes les plus résistantes. Les usages auquels on peut employer les poudres vives ou brisantes sont innombrables, et chaque jour l'industrie tire un nouveau parti de leur puissance formidable.

II. — Procédés pour produire les explosions.

Procédés pyrotechniques. — Procédés électriques : appareils à faible tension ; appareils à forte tension. — Amorces. — Conducteurs. — Explosions simultanées. — Explosions successives.

Nous allons étudier dans ce chapitre quels sont les procédés en usage pour communiquer le feu aux différentes espèces de poudre.

Nous ne ferons que mentionner les procédés pyrotechniques, dont deux seulement s'emploient encore souvent. Ce sont :

1° Le *cordeau Bickford* qu'on trouve dans le commerce. Ce cordeau, qu'on appelle aussi *fusée lente* ou *fusée de sûreté*, se compose de deux enveloppes en fil de coton goudronné, dans l'intérieur desquelles il existe un petit canal de $0^{m},003$ de diamètre rempli de poudre fine. Le diamètre extérieur du cordeau est de $0^{m},005$; on en fait d'imperméables recouverts en gutta-percha. Ce cordeau brûle lentement et régulièrement de 1 mètre en 90 secondes ; on peut donc fixer la longueur suivant les circonstances pour donner au mineur le temps de s'éloigner.

2° Le *cordeau porte-feu* ou *fusée instantanée*. Ce cordeau a environ $0^{m},01$ de diamètre ; il est formé de trois mèches à étoupilles entourées d'une double enveloppe de toile cirée, vernie des deux côtés, par dessus laquelle des brins de ficelle sont tressés. La vitesse de combustion est de 100 mètres par seconde.

L'emploi de l'électricité tend à se substituer de plus en plus aux procédés pyrotechniques ; nous allons en aborder sommairement l'étude en distinguant les *appareils producteurs*, que l'on manœuvre loin du lieu de l'explosion, les *fils conducteurs*, qui portent l'électricité au centre de la charge de poudre, et les *amorces* qui, placées aux extrémités des conducteurs, transforment cette électricité en une chaleur suffisante pour produire la conflagration de la poudre.

Les *appareils producteurs* peuvent se diviser en deux classes. Les uns fournissent de l'électricité à *faible tension* ; ils peuvent produire l'incandescence d'un fil très-fin de platine placé entre les extrémités des deux conducteurs. On les emploie avec des conducteurs *nus* (non isolés), mais de section assez forte et pour des distances relativement peu considérables.

Les autres fournissent de l'électricité à *forte tension*, mais en quantité insuffisante pour déterminer l'incandescence d'un fil de platine et susceptible seulement d'enflammer une poudre fulminante en franchissant une courte interruption ménagée entre les deux extrémités des deux conducteurs. Le diamètre des fils conducteurs peut être très-faible et l'explosion peut être produite à très-grande distance, mais il est indispensable que l'un des conducteurs soit parfaitement isolé.

A la première classe appartiennent les piles et certains appareils fondés sur l'induction magnéto-électrique. A la seconde classe appartiennent les machines électriques à frottement et les appareils ordinaires d'induction. Ces deux classes d'appareils ont des avantages et des inconvénients qui font donner la préférence tantôt aux uns, tantôt aux autres.

En général, on emploie les appareils de la première classe lorsqu'on opère à loisir et que la mise de feu est préparée assez longtemps avant le moment de l'explosion. Ces appareils permettent en effet la vérification, pour ainsi dire permanente, du circuit et de l'amorce, et ils n'exigent pas l'isolement des con-

ducteurs, isolement qu'il est quelquefois difficile d'obtenir quand ils doivent séjourner longtemps dans l'eau ou dans la terre.

Quand, au contraire, on doit opérer rapidement et à l'improviste, on préfère généralement les appareils de la seconde classe, qui sont légers, peu délicats, toujours prêts à agir et avec lesquels on n'a à se préoccuper ni de la perfection des contacts ni de la distance des fourneaux.

Appareils fournissant de l'électricité à faible tension. — 1° *Piles.* — On donne le nom général de *piles* aux appareils dans lesquels le développement de l'électricité résulte de l'action chimique de deux ou plusieurs corps l'un sur l'autre. L'un des corps en présence se charge d'électricité positive, l'un des autres d'électricité négative. Ces deux électricités accumulées aux deux *poles* de la pile tendent à se réunir avec une certaine force qu'on appelle la *tension électrique.* Si l'on réunit ces deux poles par un corps conducteur, de nouvelles quantités d'électricité se reproduiront sans cesse; il s'établit entre eux un *courant* qui produit une élévation de température d'autant plus considérable que la section du conducteur est plus faible. Si donc, au lieu de mettre en contact deux conducteurs de forte section, on établit la communication entre leurs deux extrémités au moyen d'une petite longueur de fil de platine très-fin, ce fil peut s'échauffer au point d'enflammer du fulmicoton ou même de la poudre en contact avec lui.

La pile la plus connue est celle de Bunsen, qui se compose d'un bocal en verre, d'un cylindre creux en zinc amalgamé placé à l'intérieur, d'un vase poreux placé dans le cylindre de zinc, et enfin d'un cylindre plein en charbon de cornue placé dans le cylindre de zinc. Pour charger la pile, on verse dans le bocal un mélange de 1 partie d'acide sulfurique et de 12 parties d'eau, et on remplit le vase poreux avec de l'acide azotique concentré (1). Deux rubans de cuivre rouge soudés l'un au cylindre de zinc, l'autre à un collier métallique qui entoure le charbon (ce sont les *poles* ou *électrodes* de la pile) sont destinés soit à être mis en communication avec les conducteurs, soit à permettre l'association de plusieurs appareils ou *éléments* semblables.

On associe plusieurs éléments en *tension*, afin d'augmenter la *portée* de la pile, en réunissant au moyen de petites pinces à vis le zinc de chaque élément au charbon de l'élément suivant.

On associe plusieurs élements en *quantité*, afin d'augmenter la *puissance* de la pile sans augmenter sa portée, en réunissant d'une part les zincs, d'autre part les charbons des éléments.

Une autre pile, dont l'usage se répand de plus en plus est la *pile au bichromate* dans laquelle n'entre qu'un seul liquide. Un élément de cette pile se compose de deux demi-cylindres, l'un de zinc amalgamé, l'autre de charbon, peu distants l'un de l'autre et portés par un plateau commun dans lequel ils s'engagent. Le zinc et le charbon, isolés l'un de l'autre par une petite lame d'ivoire et portant des lames de cuivre qui forment les poles de l'élément, plongent dans une dissolution soit de bichromate de potasse contenant $\frac{1}{10}$ de son poids d'acide sulfurique, soit d'un sel double de bichromate de potasse et de bisulfate de mercure. (Pile Voisin et Dronier.)

Pour les explosions où l'on a besoin d'un courant énergique et de peu de

(1) Le zinc décompose l'eau sous l'influence de l'acide sulfurique. L'oxydation du zinc fournit la plus grande partie de l'électricité perçue; l'hydrogène dégagé décompose l'acide azotique qui environne le charbon, et cette action chimique, très-énergique également, ajoute son effet à celui du zinc.

durée, on a construit des appareils très-commodes formés de vingt éléments de pile au bichromate disposés dans une boîte de telle façon qu'en temps ordinaire les demi-cylindres solides sont maintenus en dehors du liquide excitateur, et qu'au moment où l'on veut produire le courant, il suffit d'un tour de manivelle pour en produire l'immersion.

2° *Appareils d'induction.* — Il existe des machines où la rotation rapide d'une bobine de fer doux, recouverte de fil de cuivre isolé, entre les pôles d'un aimant ou d'un électro-aimant puissant, produit un courant électrique semblable à celui que fournissent les piles; telles sont les machines de *Ladd*, de *Siemens* et de *Gramme*. Toutefois, pour que ces appareils fournissent de l'électricité à faible tension et en quantité suffisante pour rougir le fil de platine, il est nécessaire que le fil isolé enroulé sur leurs bobines soit relativement gros et court.

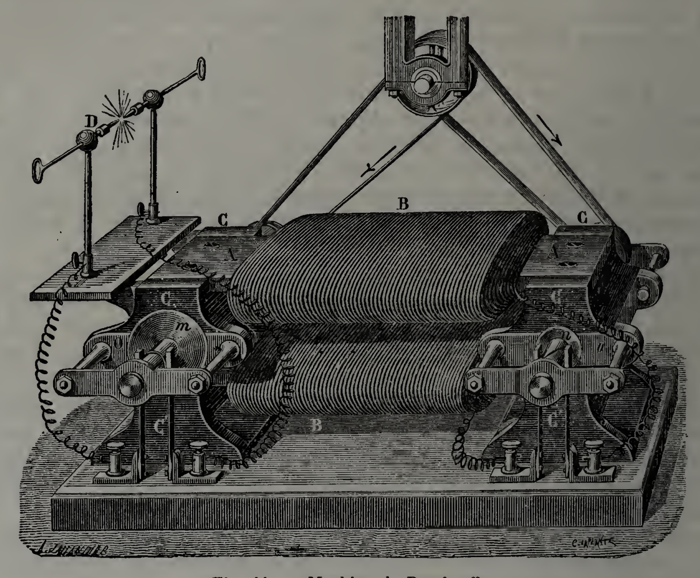


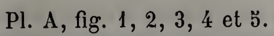
Fig. 44. — Machine de Rumkorff.

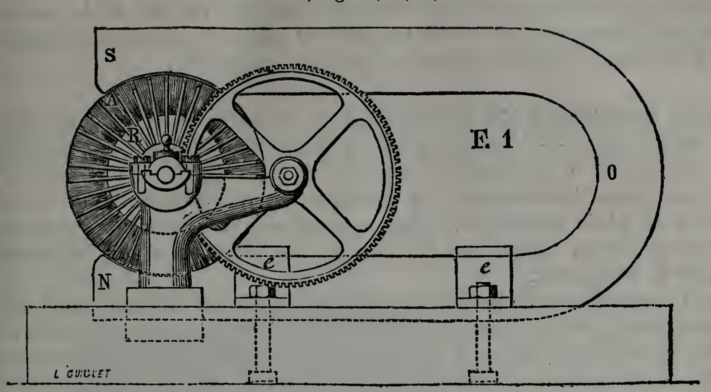
Machine de Ladd. — Elle se compose essentiellement d'un électro-aimant entre les branches duquel tourne une longue bobine de fer doux divisée en deux parties distinctes. Dans le mouvement de rotation rapide qui est communiqué à cette bobine, la première partie, dont le fil est relativement court, développe un courant dans l'électro-aimant. Celui-ci, réagissant sur le fil de la seconde partie de la bobine, y développe un courant qui parcourt le circuit extérieur dont l'amorce fait partie.

M. Rumkorff, fig. 44, a construit spécialement pour les usages militaires une machine de ce système pesant 31 kilos et ayant 0^{m},37 en longueur et hauteur, et 0^{m},23 en largeur.

Machine de Siemens. — Elle est fondée sur le même principe que celle de Ladd. Le modèle en usage pèse environ 15 kilogrammes.

Machine de Gramme, fig. 1, 2, 3, 4 et 5, pl. A. — Elle se compose d'un aimant en fer à cheval, entre les poles duquel tourne, à l'aide d'un système





F. 2

F. 4

F. 5

F. 3

Machine de Gramme.

d'engrenage, une couronne de fer doux divisée en quarante secteurs, entourés chacun par un fil de cuivre isolé de $0^m,001$ de diamètre. Les points de jonction de ces secteurs aboutissent par des fils rayonnants à deux frotteurs qui recueillent le courant continu et toujours de même sens qui se produit.

Appareils fournissant de l'électricité à forte tension. 1° *Appareils d'électricité statique.* — Ces appareils se composent essentiellement d'une machine électrique à frottement, analogue à celle que tout le monde a vue dans les cours élémentaires de physique, et d'une bouteille de Leyde.

Le colonel du génie autrichien, *Ebner*, a imaginé une disposition commode, qui est maintenant en usage dans l'armée de son pays et a été légèrement modifiée par M. Rumkorff.

L'appareil construit par ce dernier consiste en un disque de caoutchouc durci mis en mouvement par une manivelle et frottant sur des coussins enduits d'or mussif. Des conducteurs placés à droite et à gauche du disque en recueillent l'électricité, et chargent une bouteille de Leyde fixée dans la boîte même qui contient le reste de l'appareil. Un bouton, placé à l'extérieur de la boîte et communiquant avec une tige convenablement placée à l'intérieur, permet de provoquer la décharge par un simple mouvement de rotation.

2° *Appareils d'induction* — En remplaçant dans les bobines des appareils décrits plus haut (appareils de *Ladd*, de *Gramme* et de *Siemens*) le fil gros et court par un fil long et fin, on obtient des effets de *tension* (étincelle) au lieu d'effets de *quantité* (incandescence du fil de platine); on arrive au même résultat au moyen de divers appareils, tous fondés sur des phénomènes d'aimantation et de désaimantation produits par l'éloignement ou le rapprochement d'un morceau de fer doux des pôles d'un aimant fixe ou d'un fer doux en fer à cheval, dont les extrémités sont entourées, sur une grande longueur, d'un fil de cuivre fin et isolé. Ces derniers appareils sont disposés de manière que le fil se développe d'abord dans un circuit court et ne soit lancé dans le circuit extérieur formé par les conducteurs qu'au moment où l'on interrompt brusquement le circuit court. Cette interruption est produite à l'instant où le courant développe sa plus grande force.

Voici la description sommaire des principaux appareils d'induction à forte tension:

Machine de Siemens. — Elle ne diffère de celle que nous avons décrite plus haut que par le changement de fil des bobines, et parce que le courant ne peut passer dans le circuit extérieur dont fait partie l'amorce que lorsque le mouvement d'une came a interrompu le circuit extérieur.

Petite pyrothèque. — Les deux extrémités d'un aimant en fer à cheval sont entourées d'un fil de cuivre très-fin et soigneusement isolé, aboutissant à deux bornes auxquelles sont fixés les conducteurs. Une plaque de fer doux est montée à l'extrémité d'un arbre horizontal; elle peut prendre un mouvement de rotation rapide au moyen d'une manivelle et d'un engrenage, et tourner devant les extrémités de l'aimant. Deux fils de section plus forte que le fil des bobines partent des bornes et forment avec l'axe de rotation, par l'intermédiaire d'un ressort, un circuit court qui est interrompu lorsque les crans ménagés sur un manchon métallique passent devant le ressort. Au moment de cette interruption, le courant passe dans le circuit extérieur dont l'amorce fait partie.

Pour mettre le feu, on fixe l'un des conducteurs à une borne; on imprime à

la manivelle un mouvement de rotation rapide et, à un moment donné, on met l'extrémité du second conducteur en contact avec la borne.

Machine Shidmore. — Elle ne diffère de la petite pyrothèque qu'en ce que c'est le fer doux qui porte les bobines de fil isolé.

Exploseur Breguet (fig. 45). — Cet appareil, qu'on nomme quelquefois *coup de poing*, se compose d'un aimant en fer à cheval N O S, qui porte à ses extrémités une des bobines. Une armature de fer doux A′A, en contact avec les extrémités

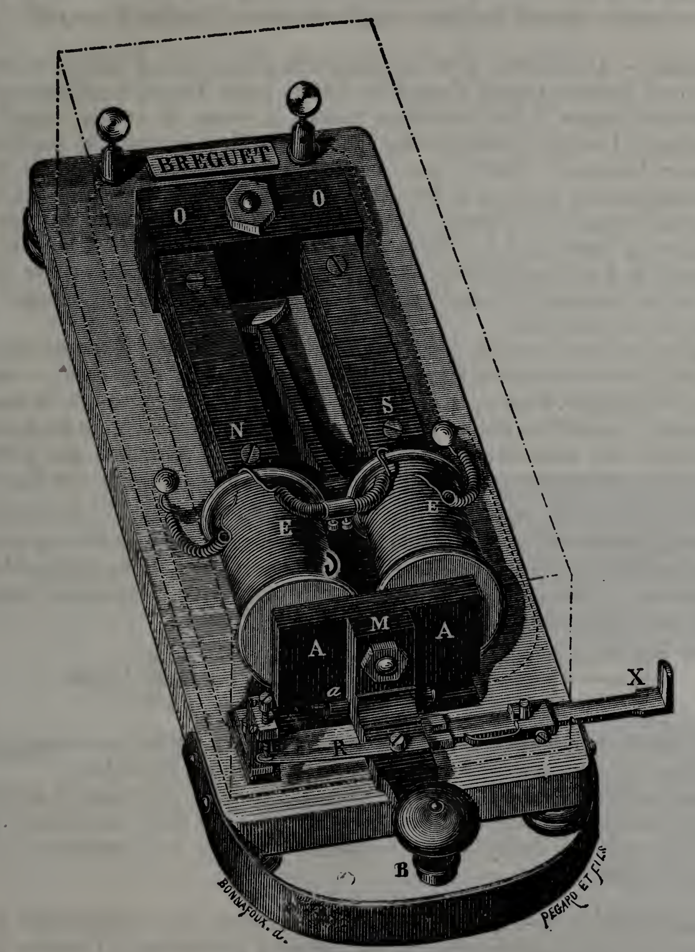


Fig. 45. — Exploseur Breguet.

de ce fer à cheval, est portée par un manche coudé qui pivote autour d'un axe EF placé assez bas pour que la pression exercée en B détermine l'arrachement de l'armature A′B′, et par suite la formation d'un courant dans les bobines. La poignée est munie d'un ressort R, qui s'abaisse avec elle et cesse, à un moment donné, d'être en contact avec la vis de pression. Les deux extrémités du fil des bobines sont en communication avec deux fils de forte section qui aboutissent d'une part aux pôles et d'autre part à l'armature et à la vis de pression.

Aussitôt donc que le contact entre le ressort R et la vis *q* est interrompu, le courant est lancé dans le circuit dont l'amorce fait partie. Un verrou de sûreté ST permet d'empêcher à volonté le mouvement de bascule de la poignée.

Pour mettre le feu, on fixe les deux conducteurs aux bornes, on tire le verrou et, au signal donné, on donne un coup de poing sur la poignée B. L'arrachement brusque de l'armature A'A détermine l'explosion.

Les dimensions de cette notice ne nous permettent que de citer pour mémoire l'*appareil Markus* et la *bobine de Rumkorff.* Cette dernière est à peu près abandonnée aujourd'hui parce qu'elle demande l'emploi d'une pile.

Amorces. — 1° *Amorces pour les appareils d'électricité à faible tension.* — Il existe une grande variété d'amorces, toutes faites d'après le même principe, mais dont les formes et les dimensions varient en raison du service auquel elles sont destinées. Les plus remarquables sont aujourd'hui les amorces anglaises et les amorces françaises adoptées par l'Ecole du génie d'Arras. La matière fulminante employée est toujours le fulminate de mercure, dont la quantité varie, selon les cas, depuis $0^{gr},5$ jusqu'à 2 gr. Ce fulminate est logé dans un tube en laiton ou en fer blanc de 2 à 3 dixièmes de millimètre d'épaisseur, dont la longueur varie de 4 à 7 centimètres, et dans lequel on introduit la tête de l'amorce, qui se compose d'un petit fil de platine roulé en spires et entouré d'un petit flocon de fulmicoton.

Il existe du reste un très-grand nombre d'amorces de différents auteurs, toutes aussi recommandables les unes que les autres, car elles ont les mêmes principes constitutifs. Elles ne diffèrent que par la forme extérieure ou la quantité de fulminate, suivant les usages auxquels elles sont destinées : ainsi la dynamite exigeant pour son explosion une quantité moindre de fulminate que le fulmicoton, le tube de l'amorce destiné à ce genre d'explosions est moins long, etc.

2° *Amorces pour les appareils d'électricité à forte tension.* — Il existe aussi pour ces appareils une foule de systèmes d'amorces, mais qui tous se composent de deux conducteurs soigneusement isolés l'un de l'autre, et dont les extrémités sont séparées par un très-petit intervalle qu'on remplit d'une composition sensible.

Cette composition a ordinairement la formule suivante :

Chlorate de potasse	11,50	25,00
Sulfure d'antimoine	11,00	
Charbon de cornue.	2,50	

Dans l'amorce du colonel Ebner, les extrémités des fils de cuivre sont isolées et soutenues par une masse de soufre et de verre fondus ensemble.

On peut improviser des amorces au moyen d'un câble électrique à enveloppe de gutta-percha, dans lequel on met les extrémités des deux conducteurs à nu ; on place ensuite ces deux extrémités dans une boîte en bois contenant la composition sensible.

Conducteurs. — Les conducteurs que l'on emploie pour transmettre l'électricité, soit statique, soit dynamique, de l'appareil producteur à l'amorce placée au centre de la charge, sont ordinairement en cuivre rouge et de $0^m,002$ à $0^m,003$ de diamètre, pour pouvoir résister à la pression des terres et aux explosions voisines.

Avec les appareils donnant de l'électricité à faible tension, les fils conducteurs peuvent être nus, ou bien, pour plus de sûreté, recouverts d'une tresse de coton avec un enduit gras, de manière à prévenir le contact métallique de ces deux conducteurs.

Avec les appareils donnant de l'électricité à forte tension, il faut que l'un des

fils soit isolé, par une enveloppe en caoutchouc ou en gutta-percha, de tout contact avec l'eau ou la terre humide. Nous donnerons quelques détails sur ceux qui sont employés pour les explosions sous l'eau, dans le chapitre des torpilles. On peut quelquefois se dispenser d'avoir un fil de retour continu; on met alors les deux bouts du fil de retour, partant l'un de l'amorce, l'autre de l'appareil, en communication sur une certaine longueur avec la terre humide; mais il est plus prudent de conserver toujours les deux conducteurs et, quelle que soit la source électrique employée, d'avoir toujours un des fils isolé.

Explosions de plusieurs fourneaux. — Quand on veut faire partir plusieurs charges ou fourneaux au moyen du même appareil électrique, on emploie souvent deux espèces de conducteurs : les *conducteurs secondaires* et les *conducteurs maîtres*. Les premiers sont particuliers à chaque fourneau; ils n'aboutissent pas directement à la source électrique, mais on les met, au moment voulu, en communication avec les seconds, dont les extrémités aboutissent à l'appareil producteur.

Nous allons examiner successivement les méthodes qui permettent d'obtenir soit des explosions simultanées, soit des explosions successives, donnant le même résultat parce qu'elles se produisent à des intervalles de temps suffisamment rapprochés pour que les premières ne puissent déranger les conducteurs des derniers fourneaux avant la transmission du feu.

Explosions simultanées. *Méthode du circuit unique* (fig. 46). — Dans cette méthode, les amorces sont placées dans un même circuit et le même courant les traverse toutes. On met en communication l'un des conducteurs maîtres PA avec un des fils du premier fourneau B; on relie le second fil de ce fourneau avec l'un des conducteurs du fourneau suivant C, et ainsi de suite jusqu'au dernier fourneau, dont le conducteur libre x se rattache au second conducteur maître PF.

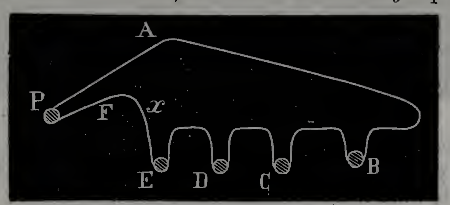


Fig. 46 — Circuit unique.

La résistance extérieure augmente ici avec le nombre des fourneaux, ce qui oblige à augmenter proportionnellement la *tension* électrique; il faut donc, lorsque l'on emploie des piles, augmenter en conséquence le nombre des éléments qu'on associe en tension. Les appareils qui donnent de l'électricité à forte tension se prêtent mieux à l'emploi de cette méthode. Dans tous les cas, elle présente l'inconvénient grave que, si les amorces placées dans le circuit sont d'inégale sensibilité, les plus sensibles, partant les premières, peuvent rompre le circuit, et alors les moins sensibles ne prennent pas feu.

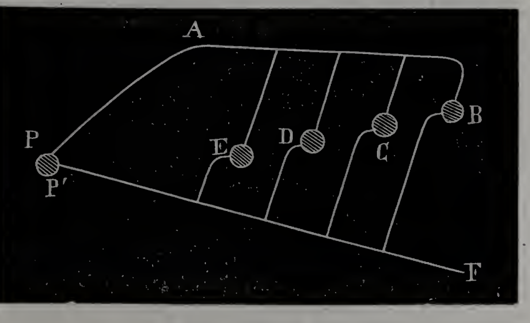


Fig. 47. — Circuits dérivés.

Méthode des circuits dérivés (fig. 47). — On met en communication l'un des conducteurs secondaires de chacun des fourneaux avec un des conducteurs maîtres PA, et l'autre avec le second conducteur maître P'F, en ayant soin qu'aucun

des conducteurs de la première série ne puisse avoir de contact avec ceux de la seconde. Dans cette méthode, le courant produit par la source électrique se partage entre les dérivés; il faut donc, si l'on emploie la pile, augmenter la quantité d'électricité en associant les éléments en quantité.

Parmi les appareils à forte tension, ceux qui conviennent le mieux avec cette méthode sont les appareils à rotation qui, produisant une succession très-rapide de courants, peuvent, à défaut d'une simultanéité absolue, déterminer des explosions successives, mais à un intervalle de temps inappréciable; l'inégale sensibilité des amorces n'influe plus alors que sur l'ordre dans lequel elles font explosion.

Explosions successives. — La méthode que je vais indiquer (fig. 48) a l'avantage de donner pratiquement les mêmes résultats que les explosions simultanées, et, de plus, de pouvoir, *avec une pile relativement faible*, mettre le feu à un grand nombre de fourneaux.

Sur un conducteur maître P, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, on fixe l'un des conducteurs de chaque fourneau A, B, C, D, E; on amène l'extrémité de l'autre conducteur à proximité de la pile et on fixe chacune d'elles sur une petite plaque de cuivre en *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'*, après l'avoir bien décapée. Un bout de conducteur maître P'S est fixé au second pôle de la pile.

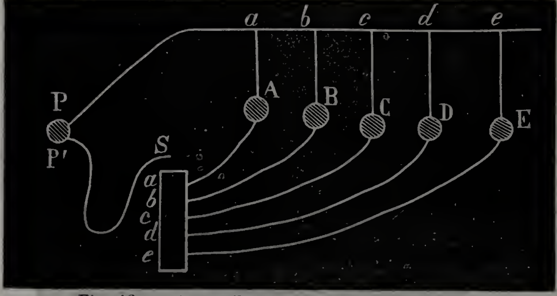


Fig. 48. — Appareil pour explosions successives.

Au signal donné, on frotte rapidement le bout libre du conducteur P'S sur les fils rangés sur la planchette; chacun des contacts successifs détermine l'explosion du fourneau correspondant au fil touché, et cette succession peut être aussi rapide qu'on le veut. Il suffit que la pile soit assez énergique pour déterminer l'explosion de l'amorce dans le plus long des circuits ainsi formés.

On peut employer cette méthode quand on a à sa disposition un appareil de rotation trop faible pour enflammer plusieurs fourneaux à la fois.

Derniers progrès. — On a expérimenté (juin 1879), des conducteurs formés de tubes en plomb de la grosseur d'une plume d'oie remplie d'une substance analogue au coton poudre et étirés à la filière. La vitesse de transmission obtenue est d'environ six kilomètres à la seconde.

III. — Explosions souterraines.

Définitions. — Calcul de la charge des fourneaux. — Établissement des fourneaux par galeries et par forages. — Machines à forer. — Mines et contremines ; brêches.

Bien que les explosions souterraines paraissent peu susceptibles d'application dans l'industrie, nous allons cependant en dire quelques mots, parce que leur théorie est la base de la théorie des explosions dans tous les autres milieux, et qu'il est bon que le génie civil n'ignore point les résultats auxquels est arrivé, dans ces sortes de travaux, le génie militaire.

Lorsque l'on met le feu à une charge de poudre placée souterrainement, sa déflagration produit une masse considérable de gaz à une température très-élevée, et ce gaz, après avoir comprimé les terres dans toutes les directions, détermine généralement un effet extérieur de projection. Dans ce cas, la terre supérieure est soulevée plus ou moins haut, en formant une *gerbe* et il reste, à l'endroit où l'explosion a eu lieu, une excavation à laquelle on donne le nom *d'entonnoir* (fig. 49). La base de l'entonnoir à la surface du sol est ordinairement un cercle dont le rayon R = AP, s'appelle le *rayon de l'entonnoir*.

Fig. 49. — Entonnoir.

On appelle ligne de moindre résistance (*ligne de* MR) la plus courte distance du centre des poudres *o* au vide le plus voisin qui est généralement la surface du sol. Cette ligne OP se désigne souvent par la lettre *h*.

Le *rayon d'explosion* R est la ligne *o*B = *o*A qui joint le centre des poutres au bord de l'entonnoir.

Si on place des charges différentes à une même profondeur *h*, le rayon de l'entonnoir *r* varie, ainsi que le rapport *r*/*h* que l'on appelle *l'indice du fourneau* et que l'on désigne par la lettre *n*.

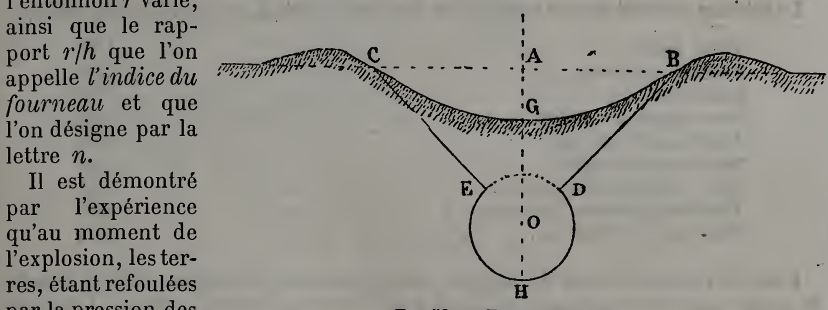


Fig. 50. — Entonnoir reel.

Il est démontré par l'expérience qu'au moment de l'explosion, les terres, étant refoulées par la pression des gaz, il se produit autour de la charge un vide sphérique ou *chambre de compression*. La masse de terre E C B D (fig. 50) est ensuite projetée, en sorte que le vide réel de l'entonnoir produit serait E C B D H (c'est ce qu'on appelle *l'entonnoir réel*) ; mais les terres en retombant, comblent en partie ce vide et on nomme *entonnoir apparent* ou simplement *entonnoir*, l'excavation finale C B G dont la profondeur A G est, pour les fourneaux ordinaires, environ $\frac{1}{3}$ de la ligne de moindre résistance O A ; on admet pour le volume V de l'entonnoir réel, la valeur $V = \frac{1}{6} h^3$.

On appelle *fourneaux ordinaires* ceux qui produisent un entonnoir dont le rayon A B est égal à la ligne de moindre résistance O A, c'est-à-dire où $r=h$.

On appelle *fourneaux surchargés* ou *globes de compression*, ceux qui, grâce à une charge plus considérable, produisent un entonnoir ou r est plus grand que h.

On appelle *fourneaux sous-chargés*, ceux où la charge étant plus faible que dans le fourneau ordinaire, r est plus petit que h.

Enfin on désigne sous le nom de *camouflets* tous les fourneaux dont la charge est suffisament petite, eu égard à la ligne de moindre résistance, pour qu'il n'y ait pas d'effet extérieur.

Calcul de la charge. — Lorsque dans un même terrain, on fait partir plusieurs fourneaux et que ces fourneaux produisent des entonnoirs semblables, c'est-à-dire dans lesquels le rapport r/h est le même, on constate que *les charges de ces fourneaux sont proportionnelles aux cubes des lignes de moindre résistance.*

D'après cette considération, et en se basant sur de nombreuses expériences on a établi la règle suivante qui est connue sous le nom de *Règle des mineurs : Pour obtenir en kilogrammes la charge d'un fourneau ordinaire dont la ligne de moindre résistance* h *est donnée en mètres, faire le cube de cette longueur et multiplier le résultat obtenu par le coefficient g qui dépend de la nature du milieu* (1).

Cette règle se traduit par l'équation $l=gh^3$.

Pour obtenir la charge d'un *fourneau surchargé* ou *sous chargé* dans lequel la valeur n ou le rapport r/h est déterminé, il faut multiplier la charge qui, à la même profondeur, donnerait un fourneau ordinaire par l'expression $(\sqrt{1-n^2}-0,41)^3$. Cette règle se traduit par l'équation.

$$C=gh^3(\sqrt{1-n^2}-0,41)^3.$$

Le tableau suivant donne les valeurs des coefficients g pour différents milieux :

Terre légère	1,20
Terrain ordinaire	1,50
Sable fort	1,75
Terre mélée de pierres	2,00
Argile mélée de tuf	2,25
Maçonnerie médiocre	2,30
Roc ou bonne maçonnerie	3,00
Vieille maçonnerie très-bonne	3,50
Maçonnerie romaine	4,00

Pour se rendre compte du volume occupé par une charge de poudre, il suffit de savoir que le kilogramme de poudre de densité ordinaire, occupe 1,20 décimètres cubes. En multipliant le nombre de kilogrammes de la charge par 1,20, on aura, en décimètres cubes, le volume de la charge. En extrayant la racine cubique de ce nombre, on aura le côté intérieur de l'espace cubique capable de contenir la charge de poudre.

Bourrage. — Pour placer le fourneau à la profondeur déterminée pour l'effet que l'on recherche, on creuse généralement d'abord une galerie d'accès de dimensions commodes pour la circulation jusqu'à une certaine distance, puis l'on

(1) Ceci suppose que le bourrage a une longueur au moins égale à $\frac{3}{2}h$.

embranche sur cette galerie une autre beaucoup plus petite appelée *rameau* dont les dimensions sont calculées strictement pour le passage d'un homme accroupi (0^m,80 sur 0^m,65). On place la charge de poudre dans une caisse cubique à l'extrémité de ce rameau que l'on bourre de diverses manières, de telle façon que le bourrage présente à l'explosion à peu près la même résistance que la terre environnante. La longueur des bourrages est toujours comptée en ligne droite, quels que soient les coudes que le rameau puisse faire, du centre des poudres à l'extrémité bourrée. Cette longueur varie, suivant la nature du bourrage, mais en général il est prudent de lui donner *deux fois* la longueur de la ligne de moindre résistance du fourneau ordinaire qui correspondrait à la charge employée.

Nous ne pouvons ici entrer dans le détail des diverses sortes de bourrage qui se font soit en gazons soit en sacs à terre, soit en briques crues, et que l'on peut renforcer de distance en distance avec des masques en bois, ni nous occuper de la pose des conducteurs, mais nous allons dire quelques mots sur les mines forées qui nécessitent l'emploi d'un ingénieux mécanisme encore peu connu en dehors des écoles du génie.

Mines forées. — On peut éviter la construction des rameaux en forant dans la terre un trou cylindrique suffisamment long, en pratiquant par par l'explo-

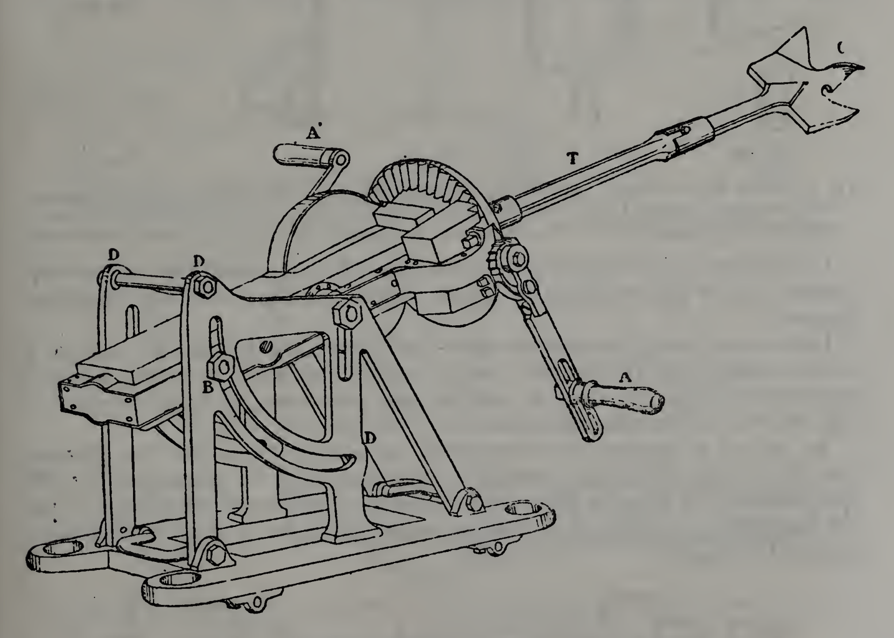


Fig. 51. — Machine à camouflets. Vue perspective, échelle 1/20.

sion d'une charge de dynamite, une chambre en tête du forage et en remplissant cette chambre avec des gargousses d'un diamètre légèrement inférieur à celui du forage. Le bourrage se fait généralement avec des boules ou des tampons de terre argileuse demi-sèche, dont les premiers reposent simplement sur la charge et les derniers sont fortement refoulés. La longueur du bourrage peut être très-faible à cause du frottement, et égale, au minimun, à la ligne de moindre résistance.

Quand on a à opérer un forage long de 5 ou 6 mètres au plus, de 0m,20 de diamètre et suivant une inclinaison supérieure à 45 degrés qui permet aux terres de couler d'elles-mêmes, on peut employer les *machines à camouflets.*

Cette machine perfectionnée par le lieutenant du génie Barbe, aujourd'hui chef de bataillon, se compose essentiellement d'une tarière de 0m,18 de largeur mise en mouvement par le moyen d'engrenages (fig. 51).

Deux manivelles A et A′ permettent de communiquer à la tarière, l'une A (à cliquet et à bras de longueur variable) un mouvement de translation, l'autre A′ un mouvement de rotation avec léger mouvement de translation; ces deux mouvements sont indépendants l'un de l'autre, ce qui donne le moyen d'accélérer ou de ralentir l'avancement de la tarière, suivant la résistance plus ou moins grande qu'oppose le terrain.

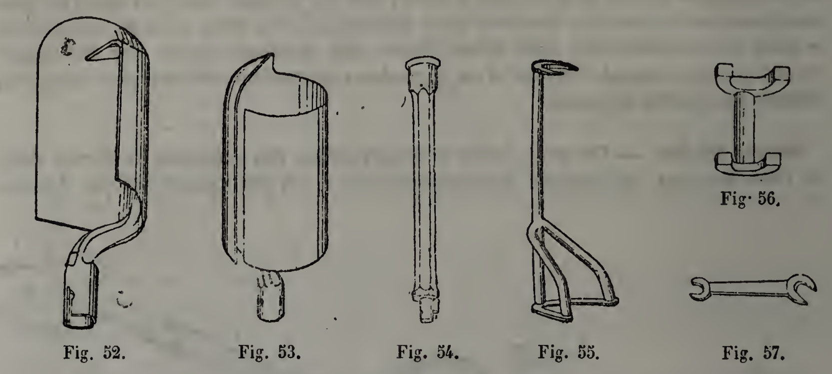


Fig 52. Mèche à cuiller simple. Vue perspective, échelle 1/20. — Fig. 53 Mèche à cuiller enveloppante. Vue perspective, échelle 1/20. — Fig. 54. Allonge, échelle 1/20. — Fig. 55. Tolet de manœuvre. Vue perspective, échelle, 1/12. — Fig. 56. Griffe de démontage. — Fig. 57. Clef à écrou, échelle 1/12.

La machine peut basculer entre deux guides D, D et prendre toutes les inclinaisons dans le plan vertical. Un boulon B sert à la fixer dans une direction donnée.

La forme de l'outil foreur varie suivant la nature du terrain. La mèche à cuiller simple (fig. 52) s'emploie dans le terrain ordinaire, la mèche à cuiller enveloppante (fig. 53) dans le terrain peu consistant, la mèche anglaise *c* (fig. 51) dans les terrains résistants.

Au fur et à mesure de l'avancement du travail, on ajoute des allonges (fig. 54) à la tige T et l'on se sert à cet effet d'un valet de manœuvre (fig. 55) qui maintient les allonges déjà placées pendant qu'on ramène en arrière la tige de l'appareil. Une griffe de démontage et une clef à écrou (fig. 56 et 57) complètent l'outillage.

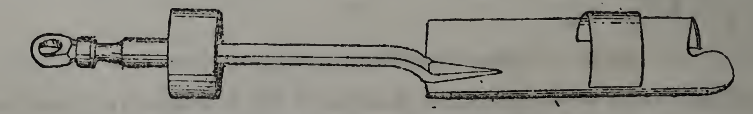


Fig. 58. — Grande tarrière. Vue perspective, échelle 1/20.

Quand on veut obtenir des forages plus longs (et on peut les pousser aujourd'hui jusqu'à 12 mètres) on a recours aux *grandes tarières.*

Ces tarières (fig. 58) au nombre de deux, l'une mordant à droite, l'autre à gauche ne diffèrent de celles en usage autrefois que parce qu'elles portent, un

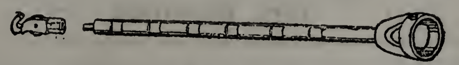


Fig. 59 — Tige de manœuvre et poulie arrière. Vue perspective, échelle 1/20.

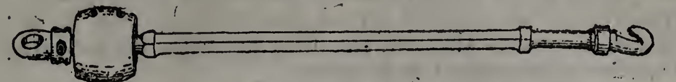


Fig. 60. — Allonge ordinaire. Vue perspective, échelle 1/20.



Fig. 61. — Appareil de traction. Vue perspective, échelle 1/20.

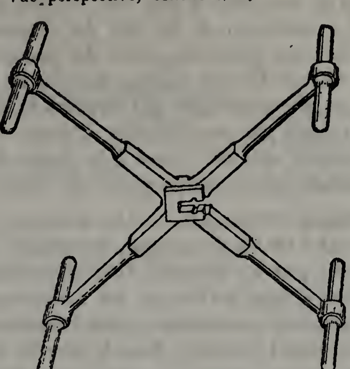


Fig. 62. — Tourne à gauche. Vue perspective, échelle 1/20.

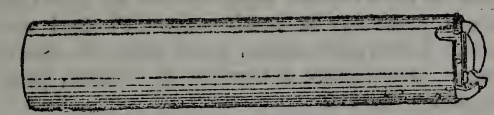


Fig. 63. — Tarière tubulaire. Vue perspective, échelle 1/20.

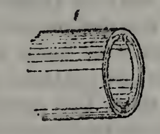
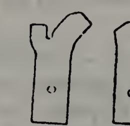
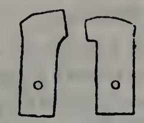


Fig. 64. — Détail de la couronne d'assemblage, échelle 1/20.







Dents à terre. Dents à pierre. Dents à bois.
Fig. 65. — Détail des dents de la tarière tubulaire, échelle 1/5.

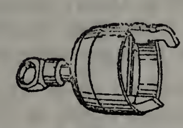


Fig. 66. — Manchon d'assemblage de la tarière tubulaire. Vue perspective, échelle 1/20.

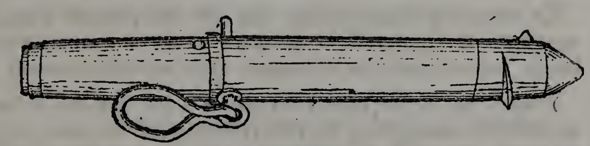


Fig. 67. — Pieu à vis, à tête frettée, avec son collier de virage. Vue perspective, échelle 1/20.

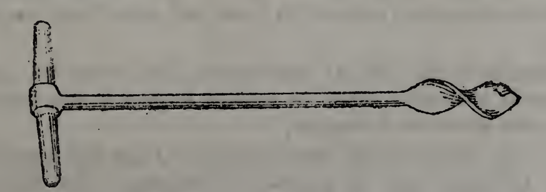


Fig. 68. — Mèche d'amorce. Vue perspective, échell 1/20.

peu en arrière du taillant, une arcade en tôle qui assure la direction de l'outil. En outre, la tige porte, contre l'anneau d'assemblage qui la termine, une roulette cylindrique, d'un diamètre un peu plus faible que celui de la cuiller, et dont l'action se combine avec celle des olives directrices que portent les allonges pour s'opposer au relèvement de la tarière.

Tige de manœuvre (fig. 59). — Elle est longue de 2m,50, formée d'une tige de fer cylindrique de 0m,045 de diamètre, avec méplats permettant de fixer sur différents points le noyau du tourne-à-gauche.

En tête de la tige est une douille de forme spéciale, dans laquelle s'engage l'anneau d'assemblage qui termine la tarière ou chacune des allonges, et où il est retenu par une clavette. L'autre extrémité est terminée par un goujon cylindrique, qui sert d'axe à la chape d'une poulie sur laquelle passe la chaîne de traction. Cette chape porte un crochet utilisé pour retirer la tarière.

Allonges ordinaires. — Les allonges sont formées de tiges carrées en fer, de 0m,03 à 0m,04 de section, terminées en tête par un crochet très-recourbé et en queue par un anneau. Une olive tournante en bois, d'un diamètre un peu inférieur à celui du forage, est maintenue entre deux collets, à peu de distance de l'anneau d'assemblage, près duquel est également fixé un collier en fonte qui maintient l'allonge dans la douille de la tige de manœuvre (fig 60).

Appareil de traction. — L'appareil de traction est constitué par un *tolet*, fourche soudée à un pivot qui s'enfonce dans la tête du pieu à vis entre les bras de laquelle tourne une roue à empreintes *(treuil de manœuvre)*, qu'une double manivelle permet de faire tourner dans un sens ou dans l'autre. Cette roue mène une chaîne qui passe sur la poulie-arrière, et dont un des maillons s'attache à un crochet de forme particulière, porté entre les branches du tolet. Une gouttière en bronze, placée entre le treuil et le crochet, porte la tige de manœuvre et sert à la guider (fig.61).

Tourne-à-gauche. — Le tourne-à-gauche (fig. 62) porte quatre bras partant d'un carré échancré qu'on engage sur la tige de manœuvre, où il est fixé par une clavette.

Tarière tubulaire. — La tarière tubulaire (fig. 63) est un cylindre en tôle d'acier de 0m,002 d'épaisseur, rivé sur deux couronnes en fer forgé. La couronne postérieure (fig. 64) porte des *T* d'assemblage en fer. Quant à la couronne antérieure, trois alvéoles y sont pratiquées et reçoivent des dents d'acier dont la forme varie selon la nature du milieu à traverser (fig. 65).

Le *manchon d'assemblage* (fig. 66) qui permet d'adapter la tarière tubulaire aux tiges de l'appareil, se compose d'une couronne, avec *T* et came d'assemblage, reliée à une tige à anneau qui s'accroche comme les allonges ordinaires.

Pieu à vis. — Le pieu à vis (fig. 67) est destiné à fournir un point d'appui au tolet de manœuvre. Sa tête frettée porte un trou central qui reçoit le pivot du tolet; autour de sa pointe est adaptée une lame de tôle contournée en vis, qui permet de l'enfoncer dans le sol par un simple mouvement de rotation.

Un *collier de virage* sert à imprimer à ce pieu le mouvement de rotation; on engage à cet effet dans l'anneau un levier sur lequel un ou deux hommes peuvent agir.

La *mèche d'amorce* (fig. 68) est une tarière d'un diamètre assez fort; elle sert à amorcer le trou dans lequel on engage le pieu à vis; celui-ci peut ainsi être enfoncé sans qu'on ait à frapper.

Refouloir. — Le *refouloir* (fig. 69) se compose d'une tige légère, en bois ou en fer creux, terminée par un bourroir cylindrique avec cannelure latérale

pour le logement d'un cordeau porte-feu ou d'un câble électrique; en arrière est un anneau d'assemblage.

Les *allonges de refouloir* (fig. 70 et 71), de même longueur que les allonges ordinaires, sont en bois ou en fer creux; elles portent un crochet à un bout, un anneau à l'autre, et sont munies d'olives à roulettes (fig. 70) qui assurent leur direction.

Une *curette* sert à nettoyer les tarières.

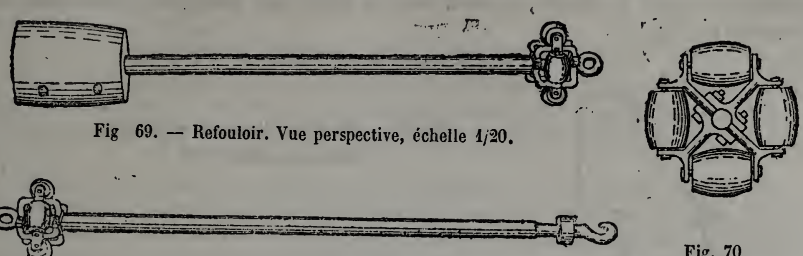


Fig 69. — Refouloir. Vue perspective, échelle 1/20.

Fig. 71. — Allonge de refouloir. Vue, perspective, échelle 1/20.

Fig. 70. Allonge de refouloir. Plan, échelle 1/5.

Installation de l'atelier. — A deux mètres environ de la paroi dans laquelle on veut pratiquer le forage, on prépare, avec la mèche d'amorce, le trou du pieu à vis qui fournira le point d'appui de l'outil, puis on fait pénétrer ce pieu

Fig. 72. — Appareil à grande tarière prêt à fonctionner. Vue perspective 1/20.

dans le sol, sans bruit, en le faisant tourner à l'aide d'un levier passé dans son collier de virage, en même temps qu'on exerce une pression sur sa tête.

On engage le pivot du tolet dans son logement, on place la tige de manœuvre sur la gouttière de bronze, et l'on accroche la chaîne au crochet d'arrêt, après l'avoir fait passer sur la roue à empreintes et sur la poulie arrière de la tige.

On engage l'anneau d'assemblage de la tarière pontée dans la douille de la tige de manœuvre, et on l'y fixe par une clavette; on présente la tarière dans la direction choisie; on marque sur la paroi de la terre le contour de l'outil, et on amorce le forage à la langue-de-bœuf ou à la pelle d'Arras (fig. 72).

Dans le cas où le terrain n'a pas une consistance suffisante, on a soin de consolider le pieu à vis par des arcs-boutants; dans le cas, au contraire, où il serait impossible d'y enfoncer un pieu, on remplacerait celui-ci par un bâtis convenablement arc-bouté, et c'est sur ce bâtis que serait établi le tolet de manœuvre (fig. 73).

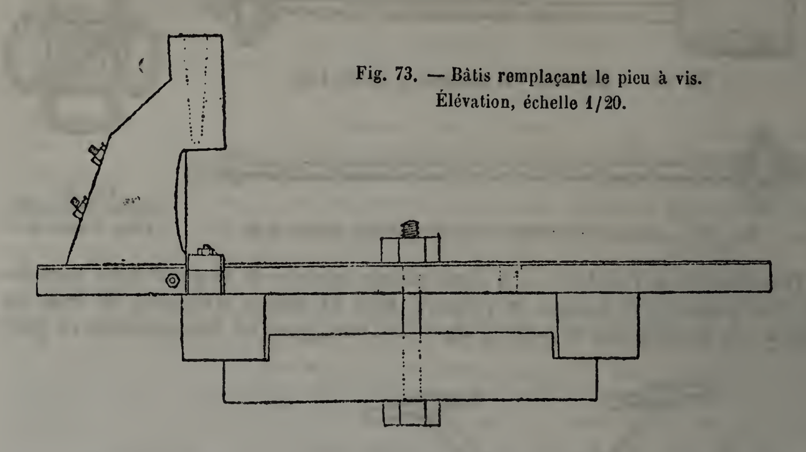


Fig. 73. — Bâtis remplaçant le pieu à vis. Élévation, échelle 1/20.

Exécution du forage. — Le trou de forage étant amorcé sur $0^m,15$ à $0^m,20$ de profondeur, on y engage la tarière en la faisant avancer avec la manivelle de la roue à empreintes, qui tend la chaîne de traction.

On place le tourne-à-gauche sur la tige de manœuvre, en avant du tolet, et on le fixe au moyen de la clavette; quatre hommes agissent sur ses bras pour imprimer à la tarière un mouvement de rotation, en même temps qu'un cinquième tourne la manivelle de la roue à empreintes, de manière à maintenir constamment tendue la chaîne qui donne à l'outil son mouvement de progression.

Retirer et changer la tarière. — Quand la tarière est pleine de terre, ce dont on s'aperçoit tant à l'avancement de la tige de manœuvre qu'à l'accroissement de la résistance, on arrête la rotation dans la position où la cuiller est *en dessous*, position repétée sur le tourne-à gauche.

On enlève le tourne-à-gauche;

On dégage la chaîne du crochet d'arrêt;

On ramène en arrière la tige de manœuvre; on retire de la douille l'anneau d'assemblage de la tarière, et deux hommes emportent celle-ci pour la vider et la nettoyer en dehors du chantier.

Pendant que les auxiliaires font ce travail au moyen de la curette, les deux hommes de la brigade rapportent une seconde tarière semblable à la première, mais dont le taillant est tourné en sens contraire, et ils l'engagent dans le trou de forage pour continuer le travail.

Avec cette seconde tarière, les hommes donnent à la tige de manœuvre un mouvement de rotation en sens inverse du premier.

Placer une allonge. — La tarière étant introduite dans le forage, on pré-

sente, sous l'anneau d'assemblage, le bec du crochet de l'allonge en l'inclinant à peu près à 45 degrés, et on l'y engage; on rabat ensuite l'allonge dans le prolongement du forage, on pousse à fond et on fait entrer son anneau dans la douille de la tige de manœuvre, puis on replace le tourne-à-gauche et on continue le forage comme il vient d'être dit, en ajoutant successivement des allonges et employant alternativement la tarière à droite et la tarière à gauche.

L'opération du retrait de la tarière ne tarde pas à devenir pénible et à excéder l'effort que la brigade serait en état de produire; on utilise alors la chaîne de manœuvre.

Après avoir décroché la chaîne du crochet d'arrêt et fait sortir l'anneau de la dernière allonge de la douille de la tige de manœuvre, on enlève celle-ci, en la séparant de la poulie-arrière, on fait faire un demi-tour au tolet, et on engage le crochet de la chape de la poulie dans l'anneau d'assemblage de la dernière allonge.

Un ou deux hommes, agissant sur les manivelles de la roue à empreintes, tirent tout le système hors du forage; on décroche la dernière allonge placée; on accroche le crochet de la chape de la poulie à l'anneau suivant, et on opère ainsi l'extraction par allonges successives.

Rencontre d'un corps résistant. — On reconnaît généralement, au bruit que produit la tarière, non-seulement l'existence, mais la nature de l'obstacle; on retire alors l'instrument, et on remplace la tarière pontée ordinaire par la tarière tubulaire, dont l'assemblage sur les allonges ordinaires se fait au moyen du manchon d'assemblage (fig. 66). On continue le travail avec cette dernière tarière jusqu'à ce que l'obstacle ait été traversé.

En choisissant convenablement les dents qu'on adapte au renfort de l'outil cylindrique, on peut percer le bois, la brique, la pierre calcaire, etc.; mais on ne pourrait traverser le grès dur, le granit ou le silex.

Dans le cas où cet outil ne peut pas avancer, on porte contre l'obstacle une petite charge de dynamite; on bourre sur une faible longueur et on donne le feu. Il se fait en général une chambre : on la remplit avec des tampons d'argile, et on reprend le travail ordinaire de forage.

Emploi d'un verrin de manœuvre. — Si l'on avait à développer une grande force pour produire la perforation, on pourrait remplacer sur le pieu à vis, le tolet de manœuvre ordinaire par un collier portant une vis-verrin.

Dans ce cas, l'avancement de l'outil est déterminé avec une grande force par la rotation de la vis, rotation qui est indépendante de celle que le tourne-à-gauche imprime à l'outil foreur.

IV. — Pétardements.

On appelle *pétards* des petits fourneaux destinés à extraire ou excaver le roc ou la maçonnerie.

On les obtient en creusant, dans le roc ou la maçonnerie, au moyen d'outils spéciaux, un trou cylindrique de $0^m,03$ à $0^m,06$ de diamètre et d'une longueur variant généralement de $0^m,50$ à 1 m. On remplit ces trous de poudre jusqu'au tiers ou au quart, suivant leur longueur, et on bourre le reste avec de la terre glaise, en ayant soin de ménager le passage de l'amorce.

Tout le monde a vu creuser les petits pétards à la *barre à mine* ou au *pistolet*, barres de fer terminées par un tranchant et que l'ouvrier enfonce toujours dans le même trou en la faisant tourner un peu à chaque coup dans ses mains.

Dans les grands chantiers, on se sert d'outils spéciaux qui augmentent la rapidité du travail. La plupart se composent d'une tige d'acier dont l'extrémité est tordue en vrille sur une certaine partie de sa longueur, et que l'on fait tourner en prenant un point d'appui sur des dispositifs divers.

Depuis quelques années, on se sert de couronnes en diamant noir, montées à l'extrémité d'un cylindre creux en acier, qui est animé d'un mouvement de rotation et par l'intérieur duquel arrive un courant d'eau destiné à entraîner la poussière à mesure qu'elle se produit. Une des causes qui a arrêté longtemps le développement de cet ingénieux procédé, c'était la difficulté de serrer assez solidement les diamants sans les faire éclater par l'action du feu. On y est arrivé récemment en recouvrant d'abord les diamants d'une couche de cuivre au moyen de la galvanoplastie, puis en brasant les noyaux ainsi obtenus les uns à côté des autres sur la couronne du cylindre d'acier, et enfin en mettant à nu le diamant par l'usure de sa gangue au cuivre galvanique.

Pour les travaux de grande importance, on fait usage de foreuses dans lesquelles une série de mèches sont mises en mouvement par un moteur à vapeur ou plus souvent à air comprimé.

On emploie généralement pour mettre le feu aux pétards la fusée lente, dont on fait pénétrer jusqu'au tiers environ de la charge l'extrémité inférieure taillée en sifflet. Quand on emploie l'électricité, il faut placer l'amorce à peu près au centre de la charge et avoir soin de bien séparer les deux conducteurs pendant le bourrage. La découverte des nouvelles poudres explosives a permis de renoncer aux opérations longues et compliquées auxquelles on avait recours autrefois pour creuser les pétards sous l'eau. Ces nouvelles poudres doivent du reste être préférées à la poudre de mine, dans un certain nombre d'autres cas que je vais indiquer.

Comparaison des effets de la poudre et de la dynamite. — On sait par expérience qu'une charge de dynamite assez faible, posée simplement à l'air libre sur une pierre de taille et recouverte par un sac à terre, peut suffir pour briser cette pierre en minces morceaux. Aussi le bourrage des pétards à la dynamite est-il généralement constitué simplement par du sable non tassé ou de l'eau. On peut même supprimer complétement le bourrage si l'on n'a pas à redouter l'infection du local par une combustion incomplète de la charge.

De là résulte immédiatement que dans le placement d'un coup de mine, il n'est pas nécessaire de se préoccuper de la longueur qu'il faudra donner au bourrage; on pourra donc toujours placer le coup perpendiculairement à la surface libre et dans la direction de la moindre résistance, tandis que souvent, avec la poudre ordinaire, il fallait forer obliquement à 45 degrés pour donner au bourrage une longueur suffisante, c'est-à-dire aux 4/3 de la ligne de moindre résistance.

Un autre avantage des poudres brisantes, c'est qu'il est inutile de tenir compte des lits de carrière, délits, poils ou crevasses de la pierre. Le forage et même la chambre peuvent se trouver traversés par des fissures sans qu'il en résulte un inconvénient notable. Dans certains terrains fendillés ou à constitution géodique, il fallait souvent dépenser un temps considérable à fermer, au moyen d'argile fortement battu, les fissures qui communiquent avec les trous de mine ; avec la dynamite, ce travail est inutile ; bien plus, quand les fissures sont remplies de terre ou de substance non compacte et facile à percer, on peut forer le trou de mine dans le délit lui-même et diminuer ainsi le travail du forage, sans avoir pour cela à craindre une trop grande perte de force.

En général, la poudre noire n'agit sur le rocher que dans la direction du découvert; la pression que produit son explosion est trop faible pour produire la

rupture de la pierre dans le sens où celle-ci forme une masse adhérente et compacte. Il en est autrement avec la dynamite, en raison de la pression relativement énorme qui résulte de l'instantanéité de l'explosion. Dans ce cas, l'effet produit dans la direction où la masse est compacte est encore considérable, et il s'étend souvent au-dessous du fond du trou jusqu'à un quart ou un tiers de la profondeur totale. De plus, elle produit toujours un effet, intérieur s'il n'est apparent, tandis que la poudre de mine se borne à *souffler* le bourrage, quand la charge n'est point assez considérable pour produire des ruptures. De là la possibilité d'employer avec la dynamite, suivant la commodité, tantôt des pétards courts, tantôt des pétards longs, qu'on peut recharger en économisant par là le travail de forage.

Quand la pierre est humide et surtout quand on opère sous l'eau, l'emploi de la dynamite est extrêmement avantageux. En prenant certaines précautions, on peut sans inconvénient laisser les charges séjourner dans l'eau pendant tout le temps qui s'écoule ordinairement dans la pratique des mines, entre le moment où l'on charge et celui où l'on met le feu. Cette propriété est précieuse pour le fonçage des puits dans lesquels il faut souvent glaiser les trous pour pouvoir les charger à la poudre ordinaire.

Comparaison des effets de la dynamite et du lithofracteur. — Bien que M. Luckow prétende que l'effet de 1 kilogramme de lithofracteur équivale à celui de 6 ou 7 kilogrammes de poudre et que cette substance ne présente point comme la dynamite l'inconvénient de se durcir par la gelée à une température voisine de + 6 degrés, ce qui rend le chargement incommode et l'explosion difficile, les officiers du génie français admettent que l'emploi de la dynamite doit encore être préféré, dans la plupart des cas, à cause de la nature nuisible des gaz que développe le lithofracteur et du danger que présente son emploi.

Comparaison des effets de la dynamite et du coton-poudre comprimé. — Les gaz développés par ces deux substances sont analogues ; mais il résulte d'expériences faites en Autriche que, pour exécuter une certaine longueur de galerie, il a fallu presque deux fois plus de temps avec le coton-poudre comprimé qu'avec la dynamite. On a remarqué que l'effet du coton-poudre ne se prolongeait pas au-delà du fond du trou et ne brisait point, comme la dynamite, les parois de l'entonnoir qu'il évide, ce qui rend plus difficile le travail ultérieur de la pince.

V. — Les torpilles.

Préambule. — Une arme nouvelle, dont l'usage influera d'une façon inattendue sur le sort des batailles navales, vient de prendre rang parmi les engins, déjà si puissants, de la marine.

L'idée n'en est pas nouvelle : elle remonte à plus de deux siècles ; elle reparaît aujourd'hui plus impérieuse. L'une des causes de ce retour forcé est certainement l'épaisseur toujours croissante des cuirasses de navires. Il faut, pour percer ces cuirasses de plus d'un demi-mètre, des pièces d'artillerie d'un poids formidable, dont le nombre est par suite très-restreint, et l'on n'aura plus, dans un combat naval, qu'un petit nombre de coups de canon à tirer utilement. Le succès est dès lors livré, pour une grande part, aux aveugles caprices du hasard, et pour se soustraire à cette loi fâcheuse, on a recherché dans la torpille une arme portant des coups plus sûrs.

Lorsque cette arme, dont on commence seulement à se servir, et qui a déjà

produit des effets puissants, aura montré l'inefficacité de la cuirasse contre ses attaques, le navire se débarrassera de sa pesante armure et cherchera le succès du combat dans l'audace et la rapidité.

Telle a été d'ailleurs la marche suivie par le progrès de l'art de la guerre sur terre.

Historique. — Les brulôts sont, en quelque sorte, la première manifestation de l'idée des torpilles. Au siége de Damiette, les Sarrazins brûlèrent, avec des barques chargées de fascines et de fagots enflammés, plusieurs galères de saint Louis. En 1372, une escadre franco-espagnole chercha à détruire les vaisseaux de la flotte anglaise devant la Rochelle au moyen de petits bateaux pleins de matières incendiaires, que des plongeurs devaient conduire auprès des navires désignés. Dans le XVI[e] et le XVII[e] siècle, les brûlots firent partie des flottes régulières. Quelques-uns furent chargés d'une certaine quantité de poudre et constituèrent alors des *machines infernales*, ainsi qu'on en voit en 1585 au siége d'Anvers, pour démolir une digue fermant l'entrée de l'Escaut. Plusieurs centaines de soldats préposés à la défense périrent dans l'épouvantable désastre qui suivit la détonation. En 1693, les Anglais construisirent un énorme brûlot qu'ils lancèrent contre le port de Saint-Malo. Fort heureusement il vint s'échouer assez loin, et lorsqu'il éclata, il ne causa que peu de dommages. La flotte anglaise, en 1702, comptait 87 brûlots sur 250 navires de guerre.

Cependant quelques ingénieurs avaient eu déjà l'idée de faire naviguer des navires entre deux eaux, et de les munir d'une charge de poudre qu'ils devaient porter devant eux à une certaine distance. Un Hollandais nommé Drebbel, vers le commencement du XVII[e] siècle, prétendant avoir trouvé un liquide capable de rendre l'air de nouveau respirable, parvint à faire plusieurs excursions sous la Tamise. Un Américain, Bushnell, qui avait aussi inventé un bateau sous-marin, tenta, mais en vain, de s'en servir contre les Anglais en 1776. Mais combien d'échecs ne doit-on pas éprouver avant d'arriver au succès!

L'idée des torpilles devient encore plus précise avec Fulton, en 1800, qui donne à ses pétards sous-marins le nom même de *torpilles*.

Après avoir proposé au Directoire et au Premier Consul de faire usage de son invention, Fulton s'adressa, sans beaucoup plus de succès, à l'Angleterre. Il fit alors sauter, comme expérience, un petit brick danois, la *Dorothée,* avec 180 livres de poudre placées à 15 pieds au-dessous de l'eau. Cette expérience servit à encourager le gouvernement américain à faire usage de torpilles contre la flotte anglaise, sans grand succès; un navire cependant fut atteint et perdu.

Les moyens de mettre le feu à la torpille laissaient tous beaucoup à désirer; c'était sur ce point qu'on rencontrait la plus grande difficulté; aussi les progrès les plus marqués dans l'art des torpilles sont-ils dus à l'emploi de l'électricité comme moyen de mettre le feu. C'est aux Russes que revient l'honneur d'avoir, les premiers, adopté l'usage de l'électricité pour le service des torpilles, pendant la guerre de 1854-56. Nombre d'ingénieurs avaient, il est vrai, enseigné, par des expériences ayant un tout autre but, le moyen d'enflammer électriquement des charges de poudre situées à une grande distance; on peut citer en particulier les dispositifs employés par M. Dumoncel pour le creusement des bassins du port de Cherbourg. Les Russes n'obtinrent aucun succès avec les torpilles pendant la guerre de 1854-56, mais uniquement parce que les charges qu'ils avaient employées étaient trop faibles. Tout le monde sait que dernièrement ils ont été plus heureux contre les monitors turcs.

Il faut arriver jusqu'à la guerre de l'Indépendance, en Amérique, pour trouver des résultats considérables, de véritables succès dus à l'emploi des torpilles. Et cependant, à cette époque encore, rien de méthodique ne présidait à l'emploi

de l'arme nouvelle; tout ce que l'on tentait était dû à l'initiative individuelle, servie par les plus maigres ressources matérielles.

Quelques torpilles reposant sur le fond, à poste fixe, défendirent très-bien, surtout par la terreur qu'elles inspiraient aux fédéraux, les abords de Richmond. A toute force enfin le passage fut tenté; l'une des torpilles fit explosion, mais trop tôt, et ne causa que peu de mal au navire, qui en était trop éloigné; néanmoins la flotille rebroussa chemin. Elle eût mieux fait de passer alors, car lorsqu'elle tenta de nouveau l'entreprise, l'un des navires, le *Commodore Jones*, qui se trouvait cette fois à bonne portée, fut complétement détruit par l'explosion de 800 kilogrammes de poudre placés à 12 mètres de profondeur. Tous les hommes qu'on put recueillir après ce désastre avaient la colonne vertébrale brisée.

Les confédérés ne se contentèrent pas de l'usage des torpilles fixes; ils employèrent des torpilles mobiles, soit qu'elles fussent portées par des embarcations, soit qu'elles fussent livrées au courant des fleuves, qui devait les conduire au contact de l'ennemi.

Les navires sous-marins furent aussi essayés. Un simple canot porte-torpille mit à deux doigts de sa perte la frégate *Minnesota*, sans éprouver lui-même le moindre dommage, ni par l'explosion ni par le feu de l'ennemi. Un navire sous-marin réussit aussi à couler une corvette, mais périt avec elle.

Les succès des torpilles étaient donc mêlés de revers parce que l'étude préalable de la mise en œuvre de ces engins n'avait pas été faite. Depuis lors, au contraire, les différentes nations se sont livrées avec ardeur à de nombreux essais sur les torpilles de toutes sortes, et ont déterminé l'usage qu'il en fallait faire et la manière de s'en servir. Le génie de l'invention trouvant une voie nouvelle, une foule de systèmes merveilleux viennent journellement prendre place dans ce concert de destruction, et l'on doit s'attendre à voir bientôt de nouveaux engins, encore plus ingénieux et plus faciles à employer que leur aînés, engins dont l'usage assurerait la victoire sur mer à la nation qui aurait devancé les autres dans la science des torpilles.

Avec la difficulté de mettre le feu aux torpilles à l'instant voulu, se trouvait encore un autre inconvénient. De même que les torpilles ne faisaient pas explosion quand on voulait, de même aussi elles étaient sujettes à détoner quand on ne le voulait pas. De là un grand danger, et par suite peu de confiance dans le maniement de la nouvelle arme. C'est encore avec l'électricité qu'on a pu faire disparaître ce grave défaut. Cet agent est donc utilisé presque constamment dans le service des torpilles. C'est grâce à lui qu'on a pu faire les premiers pas assurés dans l'usage des mines sous-marines, qui peuvent alors produire des effets foudroyants contre l'ennemi et demeurer d'une innocuité parfaite pour les amis. Il faut être *électricien* pour être *torpilleur;* nous supposerons nos lecteurs en possession de connaissances suffisantes en électricité pour ne nous occuper que de ce qui appartient en propre au matériel des torpilles.

Classification des torpilles. — On peut les ranger en deux genres : les unes destinées à l'*offensive*, les autres à la *défensive*.

Ces deux genres ont été employés simultanément, comme nous l'avons vu, à l'état tout à fait primitif, dans la guerre de l'Indépendance américaine. Toutes les nations maritimes de l'Europe se servent aussi de torpilles d'attaque ou de défense et développent plus particulièrement l'un ou l'autre système, suivant que leur situation militaire donne plus d'importance à l'un ou à l'autre. Ainsi, les puissances scandinaves, qui ont surtout intérêt à se défendre chez elles, à tenir l'ennemi à distance plutôt qu'à l'aller attaquer, s'appliquent plus particulièrement à l'étude des moyens défensifs, et elles ont marché assez rapidemen

dans l'étude des torpilles fixes pour donner plus d'un enseignement au reste des nations.

Les torpilles qui doivent servir à la défense d'un port sont pour la plupart des engins fixes. Les torpilles mobiles de toutes sortes dont il sera question, peuvent bien aussi servir à la défense d'un port; nous les rangeons néanmoins dans la classe des torpilles d'offensive; car, si dans ce cas particulier, ce sont des engins propres à la défense, cela tient à ce que l'un des procédés pour se défendre consiste à attaquer. Il n'en sera donc question que parmi les torpilles offensives, et nullement à propos de la défense d'un port.

Torpilles fixes défendant l'entrée d'un port (fig. 74). — Pour défendre un port, on en ferme l'entrée par une ou plusieurs rangées de torpilles fixes. Ces torpilles reposent sur le fond de la mer, ou sont tenues entre deux eaux si la profondeur est trop grande. On provoque leur explosion *à volonté*, ou bien elles partent d'elles-mêmes, *automatiquement*, quand un navire ennemi est venu les rencontrer, elles-mêmes ou quelqu'un de leurs appendices.

L'espacement des torpilles dans la chaîne est tel que si un navire qui franchirait la ligne échappait à l'action de l'une, il tomberait immédiatement dans le champ de l'autre. Le rayon d'action d'une torpille, mesuré horizontalement à la surface de l'eau, n'a généralement qu'une assez faible étendue, et il faut augmenter les charges d'une manière démesurée pour accroître ce rayon d'une façon peu notable.

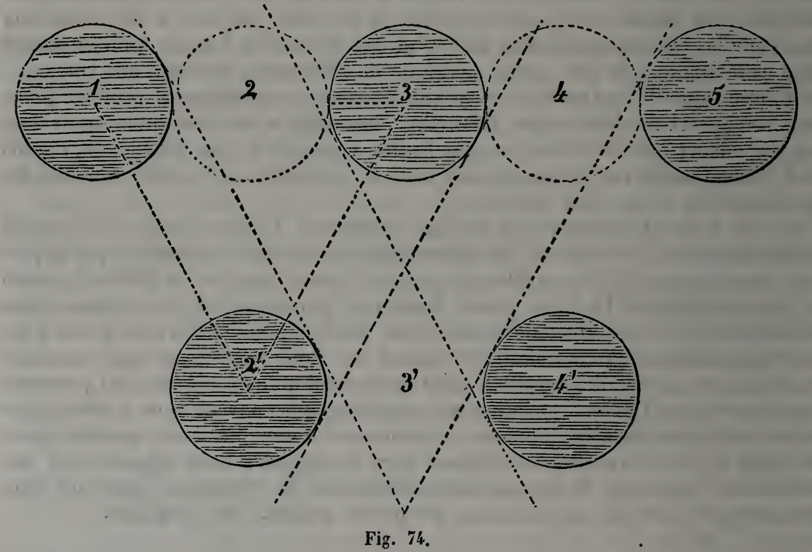


Fig. 74.

On entend par rayon d'action le rayon d'un cercle tel que si un point quelconque de la coque du navire tombe dans l'intérieur, la destruction du navire est certaine, par conséquent, au rayon d'action provenant de la torpille même, il faut encore ajouter, au moins, la demi-largeur du navire, pour trouver le demi-intervalle à maintenir entre deux torpilles consécutives de la chaine. Ainsi, par exemple, si l'on admet que la portée d'une torpille, mesurée horizontalement, soit de 7 mètres et la demi-largeur du navire également de 7 m., la demi-distance entre deux torpilles sera 14 m., soit 28 mètres d'une torpille à l'autre et d'axe en axe.

On ne peut guère dépasser cette limite, et malheureusement il s'est présenté

tout de suite un grave inconvénient, qui sera expliqué à propos des explosions, et que voici : lorsqu'une torpille d'une certaine importance fait explosion, elle brise les carcasses de celles qui sont à une trop petite distance, et c'est généralement le cas pour l'intervalle de 28 à 30 mètres. De là une brèche dans la chaîne; pour éviter cet écueil, il a fallu dédoubler la ligne. On reporte en arrière toutes les torpilles de rang pair, par exemple comme l'indique la figure 74, jusqu'à ce que la distance de 2′ à 1 soit au moins égale à la distance de 1 à 3, si cette dernière est la limite à laquelle les torpilles ne sont plus brisées les unes par les autres. On obtient ainsi deux lignes au lieu d'une; mais la moitié seulement des intervalles de chacune d'elles est défendue. Un navire qui aurait eu la bonne fortune, en traversant perpendiculairement, de se trouver dans un des espaces morts de la première ligne, rencontrerait un des espaces défendus de la seconde, et sa perte serait tout aussi assurée, par conséquent la fermeture de la passe tout aussi hermétique.

Mais si l'ennemi connaissait exactement l'orientement des chenaux, dont les axes sont 2,3′ ou 4,3′, il aurait presque autant de chances de passer franc, que si la seconde ligne n'existait pas. Ce nouvel inconvénient est inévitable dès qu'on dédouble les lignes, et pour l'atténuer il faut orienter ces lignes de telle façon que les obstacles naturels de la navigation forcent l'assaillant à prendre la direction qui lui sera funeste.

Torpilles dont l'inflammation est produite par des observateurs. — Les torpilles étant disposées comme on vient de le dire, pour la défense d'une passe, doivent faire explosion au moment où l'ennemi entre dans leur rayon d'action. L'explosion peut être produite à volonté ou automatiquement, suivant le système adopté. C'est par le secours de l'électricité, dans presque tous les cas, que se produit le phénomène, et voici à grands traits les dispositions adoptées pour faire partir les torpilles à volonté :

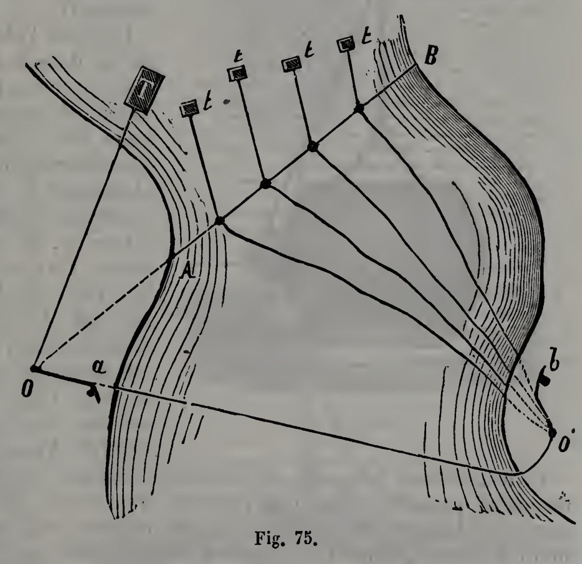


Fig. 75.

La charge, quelle qu'elle soit, est contenue dans un récipient ou *carcasse* de la torpille ; au centre se trouve l'*amorce*, qui est un petit tube rempli d'une matière explosive, la plupart du temps de fulminate de mercure. Le conducteur électrique pénètre dans l'intérieur de l'amorce sous la forme d'un petit fil de platine très-fin (1/20e de millimètre au plus) roulé en spirale. Le passage du courant au travers de ce fil le fait rougir, détermine l'explosion de l'amorce et par suite celle de la charge tout entière. C'est à des observateurs qu'il appartient de faire passer le courant en temps opportun. Ils sont deux à cet effet, relevant le navire dans deux directions à peu près perpendiculaires. Le circuit électrique qui traverse la torpille est interrompu en

deux points et peut être fermé en ces deux points par les deux observateurs; si les deux observateurs ferment le circuit simultanément, l'explosion a lieu.

Pour réduire les opérations à la plus grande simplicité possible, voici en principe la disposition adoptée : Supposons que l'on ait à fermer la passe représentée fig. 75. La ligne de torpilles supposée unique est dirigée suivant AB. Un premier observatoire est placé en O, un second en O'. Leurs visées sont à peu près perpendiculaires les unes aux autres. Une pile puissante est en O et un fil conducteur unique OO' relie les deux observatoires. De O' partent des fils conducteurs aboutissant individuellement à chaque torpille de la ligne, d'où chacun d'eux ressort pour se perdre à la mer par une plaque métallique *t*, destinée à établir la communication électrique avec le réservoir commun. De l'observatoire O part un seul conducteur OT, allant aussi se perdre à la mer par la plaque T. Une interruption *a* est pratiquée dans le circuit à l'observatoire O, et autant d'interruptions *b* qu'il y a de torpilles à l'observatoire O'.

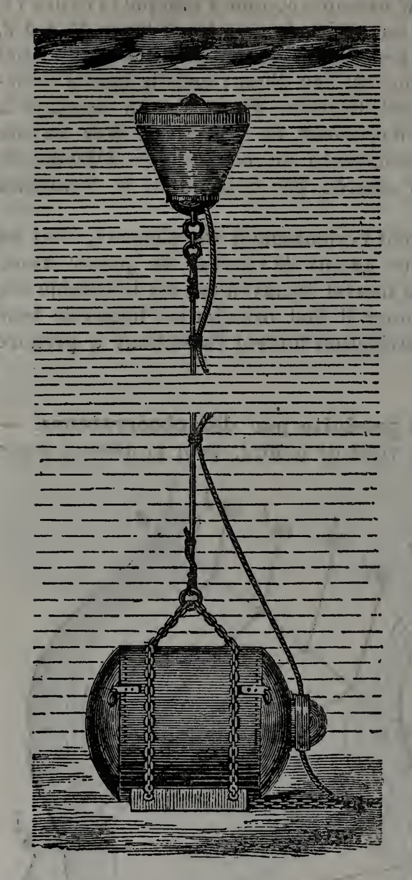


Fig. 76.

Lorsque l'observateur O' aperçoit le navire dans la direction d'une des torpilles, il ferme l'interruption correspondante, et quand le navire traverse la ligne AB, l'observateur O ferme l'unique interruption *a*, ce qui ouvre complétement le circuit de n'importe laquelle des torpilles choisie par l'observateur O'. On voit de la sorte que, si le navire traverse la ligne AB, le circuit de l'une des torpilles aura été fermé sans que les observateurs aient besoin de s'entendre, et qu'une explosion aura été produite, dans le rayon de laquelle se sera trouvé le navire. Le système est très-simple et la mise en feu susceptible d'une grande précision.

En Angleterre, beaucoup de perfectionnements semblent avoir été ajoutés au dispositif précédent. Les interruptions du circuit sont en nombre beaucoup plus considérable que nous ne l'avons indiqué, et parmi elles, les unes se ferment automatiquement, les autres à volonté. Cette multiplication d'interruptions aurait pour but de prévenir les explosions intempestives, auxquelles peut donner lieu le système plus simple qui vient d'être décrit.

L'appareil de l'observatoire O' se compose alors d'une lunette reliée invariablement à une grande alidade qui se meut sur un limbe, où chaque torpille est représentée par une tige métallique verticale qui fait partie du circuit; l'alidade aussi est traversée par le courant, et le circuit ne peut être fermé pour chaque torpille que si l'alidade est en contact avec la petite colonne correspondante.

Une autre interruption existe encore pour chaque torpille à l'observatoire O',

et elle ne se ferme que lorsque le navire est bien réellement dans le champ d'action de la torpille visée. La fermeture s'opère automatiquement de la façon suivante : au-dessus de chaque torpille, dans la mer, est un appareil à *ferme-circuit* (fig. 77) qui fonctionne lorsqu'il est choqué par le navire. Une pile spéciale, placée dans le circuit de cet appareil, sert à faire fonctionner un électro-aimant, dont le jeu consiste à opérer la fermeture du circuit de la torpille, au point où nous venons de signaler une interruption. Pour cela, l'électro-aimant attire un petit levier, lequel laisse tomber un pendule, dont la lentille vient frapper sur un timbre et dont l'extrémité de la tige reste engagée entre deux languettes métalliques. Le circuit de la torpille se trouve complété par le contact du pendule avec les branches de la pince dans laquelle il reste engagé ; de plus, le coup de timbre a servi d'avertissement à l'observateur. Ce dispositif compliqué a surtout pour but d'empêcher des observateurs troublés de mettre le feu hors de propos à une des torpilles de la ligne. On pourrait d'ailleurs se passer tout à fait des observateurs en se contentant du jeu des ferme-circuits; mais alors la passe serait aussi bien fermée pour les amis que pour les ennemis.

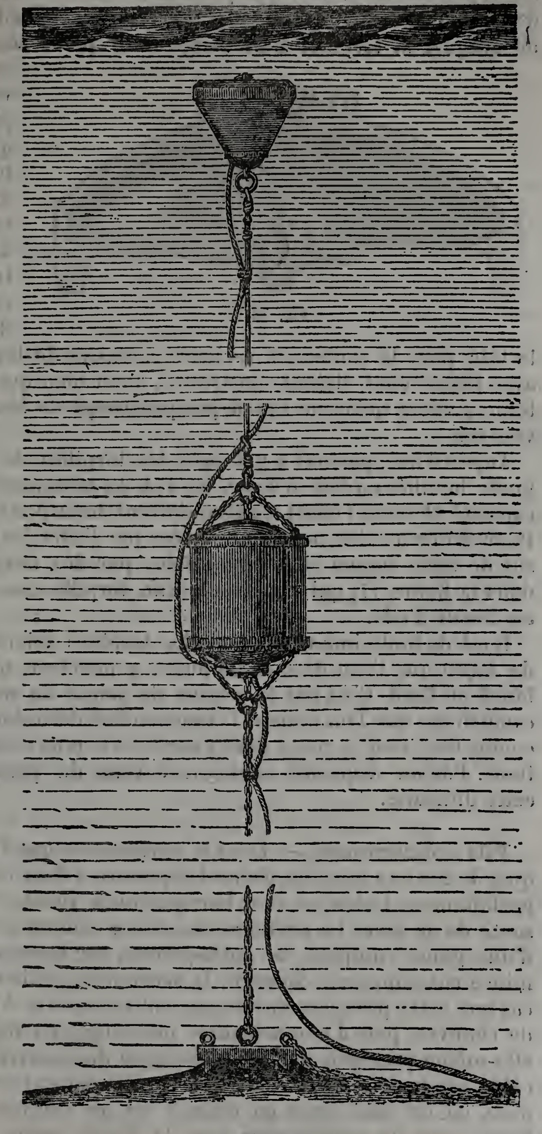


Fig. 77.

Lors même que le dispositif complexe dont nous venons de parler n'existe pas, il reste encore à l'observatoire O' bon nombre d'appareils électriques destinés à contrôler l'état des torpilles, celui des fils, etc. Une table spéciale appelée *table de manipulation* et chargée de galvanomètres, de boussoles des tangentes, d'appareils conjoncteurs et disjoncteurs, permet d'exécuter toutes les opérations nécessaires.

Carcasses des torpilles qui reposent sur le fond. — En France, on avait d'abord adopté des récipients en fonte de la forme indiquée par la figure 78, qui répondait aussi bien que possible à toutes les exigences d'un séjour au fond de la mer avec une grande stabilité. Aucun appendice extérieur ne permettait de draguer la torpille. Mais malgré leur poids considérable, ces carcasses en fonte étaient brisées comme verre par le choc d'autres torpilles faisant explosion à quelque cinquante ou soixante mètres de distance. La forme, aussi bien que la nature cassante de la fonte se prêtaient à ce résultat fâcheux. D'autres nations, l'Angleterre par exemple, avaient déjà, pour de tout autres raisons, adopté la tôle pour la confection de leurs carcasses de torpilles; mais le peu de soin avec lequel elles étaient construites, aussi bien que la faiblesse des épaisseurs, témoignaient qu'on ne s'était pas préoccupé de résister au choc des explosions voisines.

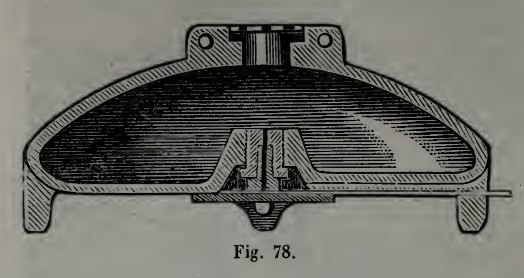


Fig. 78.

Aujourd'hui, partout à peu près, les torpilles de fond sont des récipients à fonds bombés en tôle d'acier, de 7 à 12 millimètres d'épaisseur, suivant leur capacité et selon l'effort qu'elles doivent subir par l'explosion de leurs voisines. Pour éviter qu'elles ne soient roulées par l'effet des courants, on les fait reposer sur un socle auquel elles sont reliées par des chaînes, ainsi que cela se voit dans la figure 77, qui représente une torpille avec le ferme-circuit qui flotte au-dessus d'elle.

Il est de toute importance que les torpilles soient fermées hermétiquement, de façon que l'eau de mer ne puisse y pénétrer, même après un séjour prolongé au fond. C'est par le moyen de joints au minimum ou de plaques de caoutchouc que l'on obtient l'étanchénéité désirable. L'entrée et la sortie du fil conducteur sont la route dont l'accès est le plus difficile à interdire aux infiltrations. Par un dispositif analogue à celui du presse-étoupes, on triomphe de cette difficulté.

Fils conducteurs. — Les fils conducteurs que l'on emploie pour communiquer le feu aux torpilles doivent répondre à deux conditions primordiales : être parfaitement isolés sur tout leur parcours, résister longtemps à l'action incessante de la mer. La première condition conduit à employer des fils recouverts d'une gaîne complète de gutta-percha, sur laquelle est encore appliquée une mince enveloppe en chanvre; la seconde condition entraîne dans beaucoup de cas que cette première enveloppe soit recouverte d'abord d'un premier matelas de chanvre, puis d'une armature métallique en fils de fer cordés, laquelle est elle-même protégée par une enveloppe de chanvre goudronnée; on a alors un câble conducteur *armé*. Lorsque les fils doivent reposer sur un fond de sable doux ou de vase, dans un endroit où les courants sont peu sensibles, on n'a besoin que de conducteurs avec la simple gaîne de gutta-percha; lorsqu'au contraire le fond est rocheux et que les courants de flux et de reflux sont rapides, on doit se servir du conducteur armé.

L'*âme* de tous ces fils, c'est-à-dire la partie conductrice de l'électricité, est formée de plusieurs fils de cuivre cordés ensemble. On s'attache à prendre du cuivre bien pur, dont la conductibilité est supérieure à celle du cuivre contenant des oxydes ou des sulfures. On corde plusieurs fils ensemble afin de

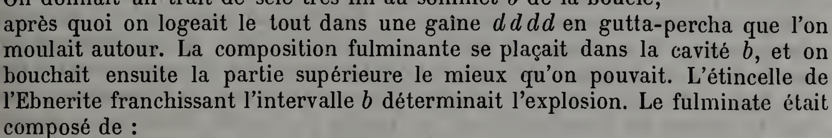
donner plus de souplesse à l'âme et pour s'assurer que le circuit aura moins de chances d'être rompu complétement en un point donné. Le conducteur employé en France est à 7 fils de cuivre présentant une section d'environ 3 millimètres de diamètre; sa conductibilité est environ quadruple de celle des fils conducteurs des lignes télégraphiques. Il faut, en effet, disposer de courants intenses pour enflammer convenablement une ou plusieurs amorces, tandis que le fonctionnement des appareils télégraphiques réclame seulement de faibles courants.

Les fils de toute nature se fabriquent dans beaucoup de maisons : en France, Menier, Rattier, etc.; en Angleterre, on trouve le câble armé Hooper, et la compagnie « India Rubber, gutta-percha and Telegraph Works », fabrique des câbles de tous les échantillons. Le prix fort élevé de ces câbles a fait adopter partout la solution, admise d'abord en France, de compléter le circuit par la mer au lieu de prendre un fil de retour. Un grand nombre d'électriciens-torpilleurs l'ont regretté parce que la vérification au moyen du courant, de l'état des torpilles, est beaucoup moins certaine; mais l'économie réalisée est si considérable, qu'on peut bien redoubler de soins pour assurer l'état parfait des torpilles, sans se préoccuper des vérifications.

Amorces. — L'amorce est une partie essentielle de la torpille; il faut qu'elle détone sûrement lorsque le courant la traverse, sans quoi toute la défense par les torpilles est réduite à néant. Les derniers soins doivent donc être apportés à la confection d'une amorce, et les expériences les plus minutieuses ont dû déterminer le meilleur mode de fabrication.

Fig. 79.

Le baron d'Ebner, chargé en 1859 de la défense de Venise, s'est livré avec ardeur, dans cette occasion et depuis lors, à l'étude des torpilles. Il a inventé une machine électrique, assez connue sous son nom, dont le but était de communiquer le feu aux torpilles. L'amorce qu'il confectionnait à cet effet est représentée fig. 79. On prenait un fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre, *abc*, que l'on recourbait de manière à rendre les deux brins parallèles. On emprisonnait la partie voisine de la boucle dans un mastic de soufre fondu et de verre pilé, et quand ce mastic avait fait prise, il maintenait invariablement l'écartement des deux branches de l'amorce, et constituait d'ailleurs un corps mauvais conductenr de la chaleur et de l'électricité. On donnait un trait de scie très-fin au sommet *b* de la boucle, après quoi on logeait le tout dans une gaîne *dddd* en gutta-percha que l'on moulait autour. La composition fulminante se plaçait dans la cavité *b*, et on bouchait ensuite la partie supérieure le mieux qu'on pouvait. L'étincelle de l'Ebnerite franchissant l'intervalle *b* déterminait l'explosion. Le fulminate était composé de :



Sulfure d'antimoine	44
Chlorate de potasse	44
Plombagine	12
Total	100

Cette amorce, que nous rappelons parce qu'elle a été une des premières, est du genre dit *amorces de tension*, lesquelles sont abandonnées aujourd'hui, après avoir été les premières et les plus usitées. Ces amorces réclament, en effet, pour pouvoir exploser, le secours de l'électricité de tension; et sous cette forme le fluide électrique se perd avec une trop grande facilité aussitôt qu'il rencontre la plus petite porte. Il suffit de piqûres d'aiguilles dans la gaine

en gutta-percha d'un câble isolé, pour que la machine qui fournit le fluide devienne impuissante à enflammer la torpille.

Aussi tout le monde aujourd'hui emploie pour les explosions sous l'eau le courant de la pile pour mettre le feu; nous avons dit que, dans ce cas, les amorces sont essentiellement constituées par un fil de platine très-fin, que doit traverser le courant et qui est entouré de la matière explosive constituant la charge de l'amorce.

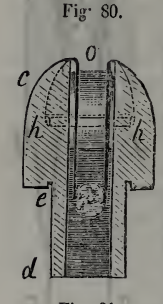


Fig. 80.

Fig. 81.

Les deux figures 80 et 81 représentent les deux parties d'une amorce anglaise pour la détonation du fulmi-coton. *a b* est le tube en laiton qui est rempli de fulminate; *c d* est la tête en bois dont la partie *d e* s'introduit dans le tube en laiton. Les deux branches du fil conducteur entrent par le trou *o*, où ils sont assujettis par un cylindre en gutta-percha, au travers duquel ils passent et qui les isole l'un de l'autre. Les deux extrémités qui sortent de cette gaîne sont éloignées l'une de l'autre et réunies par un petit fil de platine de 1/20e de millimètre, autour duquel est un petit nœud de fulmi-coton. Quand la tête est en place, le fulmi-coton plonge dans le fulminate de l'amorce. Au sortir du trou *o*, chaque branche du fil est noyée dans l'épaisseur du bois et vient s'appliquer au fond d'un trou *h h* percé sur le côté dans le bois, lequel trou est garni d'une petite tubulure métallique en contact avec la partie dénudée du fil. De la sorte, lorsqu'il faut placer une amorce dans un circuit, il suffit d'introduire les deux bouts dénudés du fil conducteur dans les deux tubulures métalliques. C'est là un trait particulier aux amorces anglaises. En France, les deux branches de l'amorce débordent d'une certaine longueur qui permet de les réunir par torsion aux deux extrémités du conducteur.

Torpilles entre deux eaux. Ferme-circuits. Brise-circuits. — La défense fixe d'une passe est souvent constituée, ou au moins complétée, par un genre de torpilles différant des précédentes en ce que, au lieu de reposer sur le fond, elles se tiennent entre deux eaux. Ces torpilles sont destinées à faire explosion lors du passage d'un navire qui vient à les heurter.

Les Danois ont presque exclusivement adopté ce système de défense, parce qu'il peut s'établir beaucoup plus rapidement, qu'il exige des charges explosives beaucoup moindres, et dispense au moins de l'un des deux observatoires. C'est encore au moyen de l'électricité que, le plus souvent, on met le feu à ces torpilles; dès lors, les conducteurs et les amorces restent à peu près tels qu'ils viennent d'être décrits. D'autres fois aussi, la détonation a lieu sans le secours de l'électricité, soit au moyen de réactifs chimiques contenus dans des fioles, qui sont brisées par le choc du navire, soit au moyen de dispositifs mécaniques qui font jouer des détentes de pistolet.

L'avantage que présente l'électricité consiste surtout en ce fait que les torpilles peuvent alors à volonté être rendues offensives ou inoffensives; il suffit qu'un observateur puisse interrompre ou rétablir le courant en dehors de la torpille. Cet observateur est alors maître de laisser circuler librement les navires amis et peut, au contraire, barrer la route aux ennemis.

Quand on fait usage de l'électricité, il faut que le choc du navire contre la torpille puisse déterminer la fermeture du circuit, supposé continu partout ailleurs que dans l'intérieur de la torpille. Les dispositifs adoptés pour atteindre ce but ont nombreux; on les retrouve d'ailleurs dans les appareils appelés ferme-

circuits, qui se trouvent au-dessus des torpilles de fond de la défense fixe en Angleterre. Le capitaine Mac-Evoy, dont le nom est célèbre par tous les ingénieux appareils qu'il a imaginés pour le service des torpilles, est l'auteur de plusieurs ferme-circuits remarquables. Nous en décrirons un qui, quoique n'étant pas connu sous le nom du capitaine, lui appartient cependant; il paraît, en effet, que l'idée en a été dévoilée avant qu'elle ne fut brevetée, et les Allemands du Nord s'en sont servis avant tout le monde. On le désigne en France sous le nom de *ferme-circuit conique*.

Sur la face supérieure *ab* (fig. 82) de la chambre de charge de la torpille, repose par deux pieds *cc*, *cc*, un cylindre en laiton *dd*, *dd*, terminé à la partie inférieure par un cylindre plus petit *gg*, *gg*, dans lequel est contenu un petit ressort à boudin portant une plaque en caoutchouc durci. Sous l'action du ressort, une pointe métallique qui surmonte la plaque peut pénétrer dans le grand cylindre, d'une petite quantité. Elle en est empêchée par le poids d'un cône en fer *h* qui refoule le ressort et éloigne du fond du cylindre deux petites languettes métalliques portées par la plaque en caoutchouc. Le bout du conducteur de la torpille venant s'attacher aux languettes métalliques, dès que le contact n'existe plus entre ces languettes et le cylindre en cuivre, le circuit est interrompu parce que le courant ne peut plus se perdre à la mer par la partie métallique *dd*. Quand, au contraire, le contact a lieu, le courant peut passer et faire détoner l'amorce, qui est en *k* dans l'intérieur de la torpille. Lors donc que le cône *h* repose complétement sur la base du cylindre, il n'y a pas courant, et quand il s'en détache un peu, le courant passe. C'est ce qui a lieu lorsqu'un choc de quelque importance vient agir sur la torpille; le cône bascule un peu autour d'un des éléments de sa base, et les languettes viennent immédiatement au contact. Jamais cet appareil ne manque de fonctionner, quelle que soit la vitesse ou la masse du navire choquant. Jamais d'ailleurs les mouvements de balancement auxquels est soumise la torpille sous l'action de la vague, ne déplacent le cône, qui suit facilement de pareilles oscillations sans cesser de reposer sur sa base.

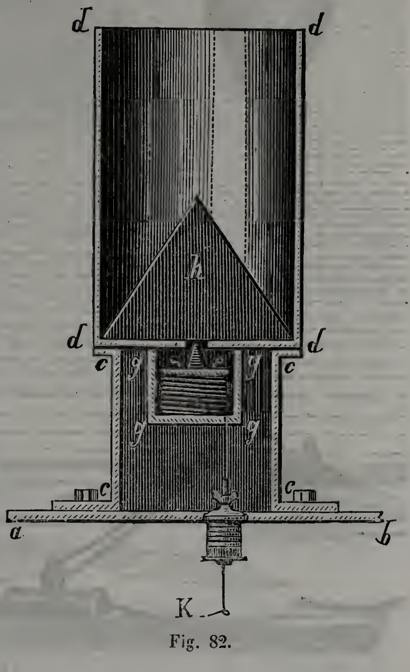


Fig. 82.

L'appareil ferme-circuit est contenu dans la partie supérieure de la torpille, dans un compartiment que l'on peut appeler la chambre à air, parce qu'il a aussi pour effet de donner une valeur convenable à la puissance de flottabilité de la torpille. Au-dessous se trouve le compartiment dans lequel on met la charge de substance explosive. Une tôle mince sert à fermer la caisse de la torpille; mais elle est recouverte par un épais matelas de bois, qui la protége pendant son séjour prolongé dans l'eau, contre les chocs accidentels capables de la déformer.

La figure 83 montre suffisamment comment on tient entre deux eaux les torpilles dont il vient d'être question. Un observateur est chargé de la surveil-

lance d'un groupe contenant de 6 à 8 torpilles, afin de pouvoir les rendre offensives ou inoffensives à volonté. Il suffit pour cela de rompre ou de fermer le circuit dans l'observatoire. Une seule et même pile suffit à mettre en feu tout un groupe, car il ne se trouvera jamais plus de deux torpilles dont les ferme-

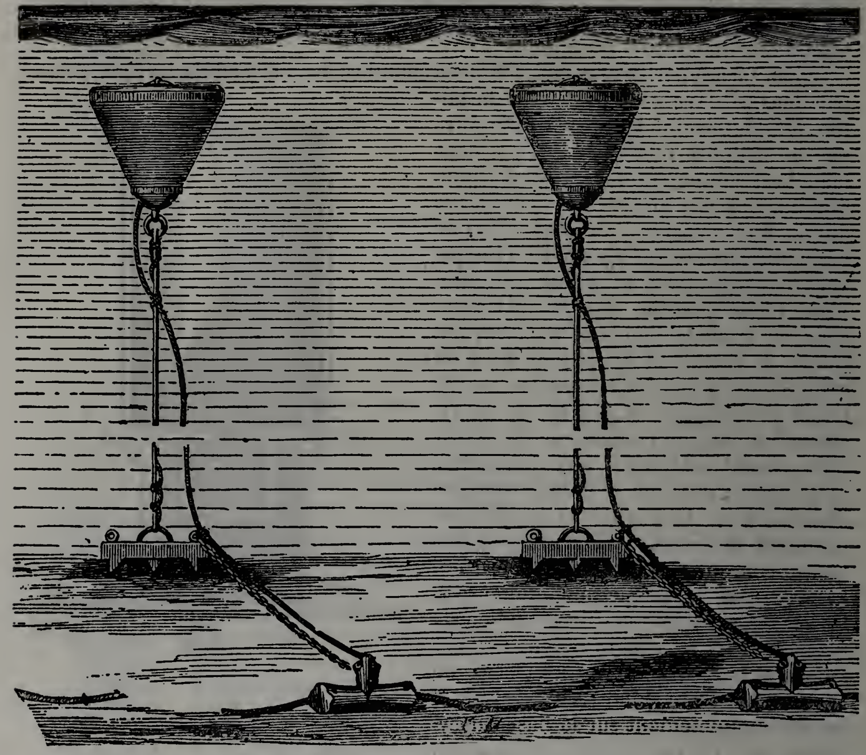


Fig. 83.

circuits fonctionneront simultanément, et il ne faut pas une pile bien puissante pour déterminer l'explosion de deux torpilles établies en *circuit dérivé*, comme le montre la figure 83.

Brise-circuit. — Par contre, il peut se présenter, par suite de ce groupement, un inconvénient. Si l'une des torpilles a fait explosion, l'extrémité du conducteur qui la desservait se trouve certainement en contact avec l'eau de la mer et offre un passage continu au courant; la pile s'userait rapidement dans ces conditions et n'aurait souvent plus de valeur si le moment de faire feu se présentait de nouveau. Pour se soustraire à une pareille déperdition du courant, aussi bien que pour mettre toujours sous les yeux de la défense le numéro de la torpille qui a fait explosion, le capitaine Mac-Evoy a imaginé un petit appareil, très-peu volumineux et d'un usage très-simple; nous allons le décrire :

Tous les conducteurs des torpilles d'un même groupe aboutissent chacun à une borne métallique P (fig. 84), passent de là, chacun dans le petit appareil correspondant, et viennent ensuite se réunir en un conducteur unique allant de

la borne Q à la pile d'inflammation. Après la borne métallique P, le courant passe dans un électro-aimant A, peu résistant, gagne de là une lame élastique qui s'appuie sur une seconde borne B, d'où il va s'anastomoser avec les autres, pour former le conducteur unique allant à la pile. Lorsque la lame élastique est détachée de la borne B, le courant ne peut plus passer dans la torpille correspondante. En temps ordinaire, la lame s'appuie sur la borne, et dès que le ferme-circuit d'une torpille vient à fonctionner, par le contact d'un navire, le courant passe, l'électro-aimant attire un petit levier de fer doux qui se

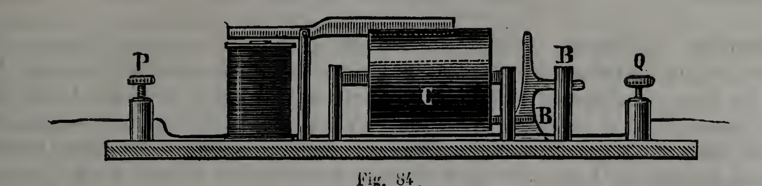


Fig. 84.

dégage du cylindre C. Ce cylindre est muni à l'intérieur d'un ressort spirale, qui a été bandé au préalable en tournant à la main le cylindre dans un certain sens, jusqu'à placer la branche du levier dans la rainure ménagée sur le cylindre pour la recevoir. Aussitôt la branche dégagée, le cylindre tourne rapidement sous l'action du ressort, et un taquet D porté sur sa base vient soulever la languette et produit l'interruption. Il suffit que le temps employé par le cylindre pour se dérouler soit assez grand pour que l'explosion ait eu lieu, ce qu'il est facile d'obtenir. Le cylindre C étant rouge sur une moitié et bleu sur l'autre, l'observateur sait quelles sont les torpilles qui sont prêtes à faire feu et quelles sont celles dont l'explosion a eu lieu déjà.

Torpilles automatiques non électriques. — Toutes les torpilles de contact ne sont pas mises en feu électriquement; quelques-unes portent en elles des réactifs séparés qui, mis en présence par le choc, dégagent une chaleur suffisante pour faire détoner l'amorce et la charge.

On peut citer surtout celle de M. Mattieson, dont le dispositif d'inflammation peut être, moyennant quelques légères modifications, rendu électrique et devenir le ferme-circuit *à tige*, qui se compose d'une longue tige élastique et souple, portant à son extrémité libre une boule métallique assez lourde. L'autre extrémité est fixée au fond d'un cylindre métallique contenu dans la chambre à air de la torpille, de telle sorte que, si un choc vient à se produire, la boule fait fléchir la tige et vient au contact de la paroi métallique, ce qui détermine la fermeture du circuit dont la tige fait partie.

Dans la torpille Mattieson, la tige et la boule subsistent; mais au lieu que le mouvement de la boule soit destiné à établir un contact, il doit briser la tige, qui est alors un tube creux en plomb, renfermant une mince fiole d'acide sulfurique, lequel se répandant sur du chlorate de potasse, produit une élévation de température considérable. Une pareille torpille ne paraît pas maniable dès le premier abord, à cause du danger qu'on court de la faire éclater pendant la moindre opération. Aussi M. Mattieson a-t-il imaginé un système de sûreté dont le principe est assez répandu dans les torpilles des constructeurs anglais. On engaine le tube de plomb au centre d'un disque épais, d'une composition spéciale, et ce disque s'appuie sur les parois fixes du cylindre métallique, dans lequel il est à plein. Alors aucun choc n'est capable de briser le cylindre de plomb soutenu ainsi en tous ses points. Mais la composition spéciale est soluble

dans l'eau, et au bout de deux heures d'immersion elle a complétement disparu, rendant ainsi la liberté d'action à la boule et permettant au tube d'être brisé par le moindre choc. D'ailleurs on ne permet l'accès de l'eau qu'au moment où on le veut bien en arrachant, au moyen d'un cordage de retenue, une espèce de coiffe métallique qui bouchait l'orifice de communication avec la mer, pendant toute l'opération. Malgré tout cela, on ne peut se dissimuler que cette torpille, une fois rendue dangereuse, l'est pour tout le monde, amis et ennemis. C'est un grave inconvénient, par-dessus lequel on ne doit passer qu'à la dernière extrémité.

Torpilles d'attaque. — *Torpilles portées.* — Nous avons compris sous cette dénomination toutes les torpilles avec lesquelles on va chercher l'ennemi. Ce sont les plus nombreuses et les plus variées; ce sont celles aussi par lesquelles on a débuté dans la carrière, les brûlots n'étant en réalité rien autre chose que des torpilles d'attaque. Mais aujourd'hui on cherche toujours à produire l'explosion au-dessous de l'eau, avec des charges relativement faibles, tandis que les *machines infernales* faisaient explosion à fleur d'eau et contenaient de très-grandes quantités de matières explosives.

Toutes les nations se sont pourvues de nombreuses embarcations, légères et rapides, portant en avant une longue hampe, que l'on peut rentrer ou sortir à volonté. Elle est munie à son extrémité d'une torpille peu lourde (depuis 12 jusqu'à 20 kilos de charge). On ne doit pousser la hampe dehors que peu de temps avant de s'en servir, afin de l'exposer le moins possible aux accidents de la route. Il suffit d'un très-petit nombre d'hommes pour exécuter cette manœuvre. La hampe étant complétement sortie est inclinée à l'horizon, de façon que la torpille soit immergée de $1^{m},50$ à 3 mètres suivant les cas, ces deux chiffres étant d'ailleurs des limites extrêmes. L'embarcation porte-torpille approche-t-elle du navire, on pousse la hampe à l'eau tout en courant sur l'ennemi, et il faut manœuvrer de façon à venir le toucher avec la torpille; aussitôt l'explosion doit avoir lieu, et une brèche énorme est produite dans la muraille du navire attaqué, au-dessous de la flottaison. Quelques minutes suffisent à faire couler bas le plus redoutable cuirassé. Quant à l'embarcation porte-torpille, elle n'a presque rien à craindre de l'explosion même qu'elle a produite, pour peu que sa hampe soit longue de 7 à 8 mètres, et l'on peut sans difficulté en employer de beaucoup plus longues. Ce résultat se comprendra facilement après qu'on aura connaissance des effets des explosions sous l'eau. Les confédérés, qui avaient eu soin de le constater d'avance, lors de la guerre de l'Indépendance, purent alors se risquer à porter les coups terribles que nous avons vus.

Ainsi, les effets de la torpille contenant une faible charge, foudroyants au contact, décroissent si rapidement que l'embarcation n'a pas à souffrir de l'action directe de l'explosion, même avec une hampe de 6 mètres de longueur, et le soulèvement de l'eau produit par cette explosion, n'a pas une étendue assez grande pour compromettre la stabilité des porte-torpilles. Le seul danger, inhérent à toutes les conditions de guerre, c'est d'affronter la mitraille ou les boulets ennemis. Toutes les nations, comme nous l'avons déjà dit, se munissent aujourd'hui de bateaux torpilleurs, petits navires à vapeur, silencieux, à marche très-rapide, très-peu élevés au-dessus de l'eau, capables, par conséquent, d'échapper aux coups de l'ennemi. Au-delà de 1000 mètres de distance, ces petits bateaux représentent un véritable point sur l'eau; certains d'entre eux atteignent la vitesse considérable de 18 nœuds (9 mètres à la seconde) et franchissent par conséquent le kilomètre en 2 minutes environ. Quelle sera l'artillerie assez bien dirigée pour pouvoir atteindre un ennemi aussi subtil? Et à supposer que le canon ou les mitrailleuses soient capables d'arrêter un ou deux bateaux

torpilleurs courant sur un grand cuirassé, on est forcé d'admettre que quatre ou cinq pareils ennemis, agissant de concert, réussiraient certainement à porter le coup funeste, et que beaucoup d'entre eux reviendraient indemnes de cette opération hardie. Déjà les preuves ne manquent pas. Tout récemment, deux chaloupes russes, dans des conditions bien inférieures à celles que l'on réalise aujourd'hui, ont fait sombrer un monitor turc de la flottille du Danube, après être restées environ vingt minutes sans recevoir presque aucun dommage, pour exécuter leur opération. On ne manquera pas d'hommes assez hardis pour mener à bonne fin une pareille entreprise; beaucoup d'autres actions non moins périlleuses ont été exécutées de tout temps, avec un courage et une intrépidité au moins égales. Combien de fois, n'a-t-on pas vu, pendant les guerres de la République et de l'Empire, des groupes nombreux de canots à rames, surprendre et aborder des navires de guerre. La nuit sera, bien entendu, le moment le plus opportun pour diriger des attaques de bateaux torpilleurs, et les grands navires n'ont d'autre ressource que de s'entourer d'obstacles considérables pour éviter l'approche de leur invincible ennemi, obstacles qui seront une grande gêne pour celui même qu'ils protégeront, et que l'assaillant apprendra tôt ou tard à tourner ou à vaincre.

La torpille que l'on adapte au bout de la hampe est d'une forme légèrement variable, d'un pays à l'autre. Généralement la carcasse est en tôle mince et de forme cylindro-conique, afin d'opposer moins de résistance à la marche en avant; elle est emmanchée sur la hampe inclinée, de façon qu'elle se présente aux filets d'eau parallèlement à son axe de figure.

Si l'on compare la section résistante d'une torpille et de sa hampe à la section résistante de la portion immergée du navire porte-torpilles, on trouvera que le rapport de la première à la seconde est bien faible, et que, par suite, on ralentit fort peu la marche d'un torpilleur en poussant la hampe dehors. La faculté d'évolution n'est pas diminuée non plus, comme cela se conçoit aisément, car la vitesse de rotation de la torpille est bien petite relativement à la vitesse de circulation. Si, par exemple, la distance de la torpille au point du navire, qu'on peut considérer à chaque instant comme centre, est de 15 mètres, et que le rayon de la gyration soit de 120 mètres, la vitesse de rotation n'est que 1/8 de la vitesse de circulation, et pour des sections égales, la résistance serait 64 fois moindre. Donc, bien que la section longitudinale soit plus résistante, l'effet sensible n'est que très-médiocre.

Au lieu de porter la torpille par l'avant en dirigeant la hampe dans le plan vertical de l'axe, quelques marines semblent disposées à en faire usage à tribord ou à babord. La manœuvre est alors beaucoup plus difficile; la résistance qui s'exerce sur la torpille est beaucoup plus grande que dans le cas précédent, et capable de fausser ou de briser les hampes qui résistent fort bien à la marche en avant. On se sert généralement de dynamite ou de fulmi-coton pour le chargement des torpilles portées, parce que ces substances, sous un faible volume, ont une puissance de destruction aussi considérable que la poudre dans un volume relativement beaucoup plus considérable. Le mode de mise en feu varie notablement d'une nation à une autre et quelquefois même dans la même nation. Ainsi la torpille peut être terminée par une petite tubulure contenant des substances chimiques dans des fioles que le choc doit briser. Le contact des substances chimiques produit la réaction qui détermine l'explosion. La fusée Rains est un exemple de ce mode de mise en feu. Elle se compose (fig. 85), pour une des variétés qu'elle comporte, d'un tube *b* en bronze ou laiton, rempli de poudre ordinaire, fermé à sa partie inférieure par un mince tampon de cire et une bande de toile collée sur la tranche du métal. La capacité ménagée à la

partie supérieure de ce tube est remplie d'une composition formée de : 50 parties en volume de chlorate de potasse, 30 parties en volume de sulfure d'antimoine, 20 parties en volume de verre grossièrement pulvérisé, qui est complétement enfermé par la petite enveloppe *c*, en cuivre rouge de 1/4 de millimètre d'épaisseur. Une seconde enveloppe en cuivre rouge, en forme de demi-sphère, soudée au tube *a*, est destinée à protéger la composition fulminante contre les chocs de médiocre intensité. Sa résistance est telle qu'il faut un poids de 3 kilogrammes, tombant de $0^m,50$ de hauteur pour faire partir la fusée. Enfin, un chapeau *d*, également en bronze très-épais, se visse sur le corps de la fusée quand on veut la rendre sûrement inoffensive ; on l'enlève quand il n'y a plus qu'à pousser la torpille à l'eau, et le premier choc qui se produit sur la tête en détermine l'explosion.

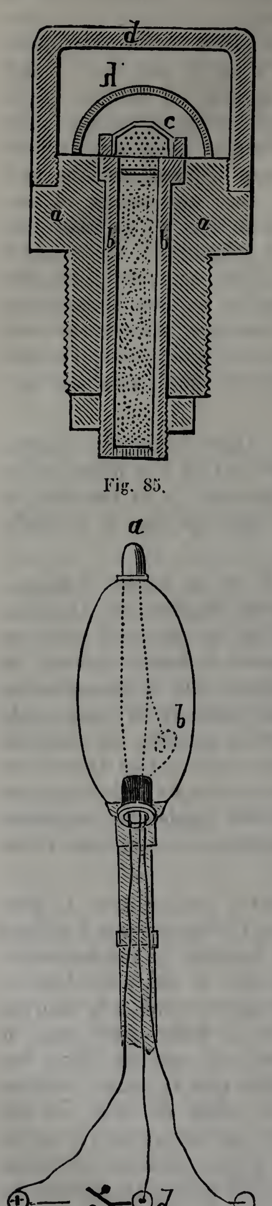


Fig. 85.

Fig. 86.

Dans d'autres appareils, des leviers convenablement disposés pour transmettre un choc venant de n'importe quelle direction, sont installés à l'avant de la torpille, et font fonctionner une détente de pistolet, en arrachant un rugueux qui fait partir une amorce. Mais le grave inconvénient de tous ces systèmes, est d'être fort dangereux à manier, et il importe beaucoup, dans le service des embarcations porte-torpilles, que les hommes qui vont aller résolument affronter la mitraille de l'ennemi, n'aient pas à se préoccuper de précautions incompatibles avec l'agitation inséparable d'une tentative aussi hardie. C'est par cette considération que l'emploi de l'électricité est très-souvent adopté pour le service des torpilles portées. Il a été facile, par d'ingénieuses dispositions de circuit, de faire que la torpille fût automatique ou qu'elle éclatât au commandement. Voici le dispositif du capitaine Mac-Evoy, qui fera bien comprendre tout le parti qu'on peut tirer des circuits électriques habilement combinés.

a est l'*inflammateur* (fig. 86) auquel viennent aboutir les deux fils conducteurs d'une pile, par deux vis à tête ronde, soigneusement isolées l'une de l'autre. Lorsqu'un choc se produit sur la tête de l'inflammateur, il en enfonce une partie mobile maintenue écartée par un ressort antagoniste. Cette partie mobile porte avec elle une pièce métallique qui vient alors s'appliquer sur les deux têtes de vis, et établit la communication électrique entre elles. Dès lors le courant de la pile peut passer, comme on le voit, par les fils partant des pôles positif et négatif de la pile, et traverser l'amorce *b* située sur l'un d'eux.

Mais si le choc venait à manquer son effet, on pourrait encore faire partir le coup, en pressant le bouton d'un conjoncteur *c*, qui met en communication la borne *d*, isolée d'habitude, avec le pôle positif de la pile. Il est facile, en effet,

de voir que le courant, qui passe alors par le fil intermédiaire, traverse encore l'amorce. Une pareille disposition, mais encore plus simple, puisqu'elle ne comporte que deux fils, et jouit des mêmes propriétés que la précédente, est usitée en France, et l'était avant qu'on y connût le système Mac-Evoy. La simplification vient de ce que au lieu d'un fil de retour on établit la communication par la mer.

Dans tous les cas, quel que soit le mode adopté pour l'inflammation des torpilles portées, on peut dire que le succès de l'explosion est, dès à présent, hors de doute, et l'emploi des bateaux porte-torpilles sera d'une efficacité incontestable dans un combat naval. Depuis longtemps déjà, d'habiles constructeurs se livrent à la confection de petits navires à vapeur disposés à merveille pour le rôle de bateaux-torpilleurs. Toutes les puissances s'en sont déjà pourvues en très-grand nombre, et la Russie depuis le commencement de la guerre qui vient de se terminer, a fait de nombreux appels aux maisons Thornycroff ou Yarrow. Mais, ces bateaux ne sont pas les seuls qui puissent être employés utilement à se servir de la torpille portée; les moindres embarcations à rames peuvent, à la faveur de l'obscurité, porter les coups les plus décisifs. Dès l'abord on n'avait songé aux porte-torpilles que pour la défense des ports et rades. Ces petites mouches embusquées dans une crique, pouvaient faire de grands ravages dans une escadre ennemie; mais maintenant, il s'agit chez plusieurs puissances maritimes, de doter les grands cuirassés d'un certain nombre de ces petits navires rapides, qui, mis à la mer sur le lieu d'un combat naval, deviendront pour l'ennemi de terribles adversaires.

Torpilles remorquées. Torpille Harves. — Avant que l'on n'eût la torpille Whitehead, dont nous parlerons bientôt, et lorsqu'on ne voulait pas encore encombrer les grands bâtiments de guerre de chaloupes porte-torpilles, et que les navires plus faibles n'en pouvaient accepter aucune, on ne devait cependant pas renoncer au bénéfice considérable de l'action d'une torpille, capable de porter ses coups loin du navire qui la commande. C'est pour répondre à ce besoin qu'avaient été inventées les torpilles remorquées, sur lesquelles on avait fondé, il faut bien le dire, plus d'espérances qu'elles ne semblent le mériter aujourd'hui.

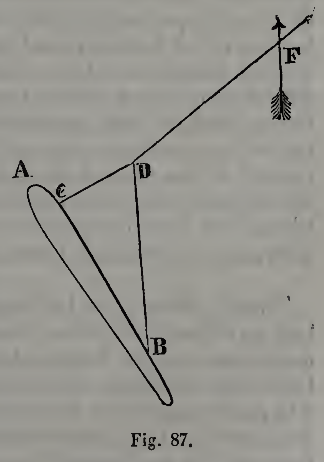


Fig. 87.

La première de toutes est due au capitaine Harvey, qui en proclame l'usage sûrement couronné de succès, au moins entre les mains d'habiles manœuvriers. Disons tout de suite le principe de toute torpille remorquée. Un corps flottant, presque complétement immergé, portant avec lui une charge explosive renfermée dans la torpille proprement dite, est taillé de façon à naviguer convenablement, et est entraîné par le navire remorqueur, parallèlement à la route de celui-ci et à une certaine distance de son axe; telle est en substance une torpille remorquée. Quelques explications sont nécessaires pour montrer la manière dont navigue une torpille remorquée en se tenant à l'écart du navire qui l'entraîne.

Soit AB (fig. 87) la projection horizontale du corps remorqué, qui est relié au navire par une remorque FD et deux branches de patte d'oie, CD et DB. Lorsque le navire est en marche dans la direction de la flèche F, les filets d'eau font prendre au corps AB une position d'équilibre stable pendant la marche, posi-

tion que l'on peut prévoir par les considérations suivantes : En ne tenant compte que de ce qui a lieu dans le plan horizontal, il faut que la résultante de toutes les actions des filets d'eau soit directement opposée à la force unique de traction, qui est dirigée suivant la remorque DF. Or, prenons le corps AB (fig. 88), et supposons que les filets d'eau l'attaquent successivement suivant les directions parallèles aux flèches, 1, 2, 3, 4, 5; la résultante des actions sera figurée dans chaque cas par des lignes telles que les lignes pointillées 1', 2', 3', 4', 5', qui font des angles beaucoup plus rapidement croissants avec l'axe de AB que les lignes correspondant à la direction des filets d'eau. La raison s'en aperçoit facilement dans la différence des sections de résistance, parallèlement ou perpendiculairement à l'axe AB. Le triangle CDF formé par la patte d'oie de la remorque est invariable de forme, puisque la longueur de ses trois côtés est fixe, et il n'y a qu'un seul point parmi tous les points d'application des résultantes successives, pour lequel la résultante passe par le point D. Il est évidemment compris entre les points 4' et 5'. La résultante I D, direction de la remorque sera comprise aussi entre les directions 4' et 5' et celle des filets liquides parallèles à la route du navire entre les directions 4 et 5. La position de route du corps remorqué est donc déterminée par sa forme et la position du point D. L'angle de la remorque avec la route du navire est l'angle de divergence. Il y a intérêt à ce qu'il soit le plus grand possible; on atteint facilement des divergences de 35 à 40 degrés. La vitesse n'influe que très-peu sur l'angle de divergence, et la différence qui peut exister tient à ce que quand la vitesse des filets d'eau qui rencontrent le corps remorqué vient à changer, toutes les actions élémentaires ne sont pas modifiées proportionnellement, et dès lors la résultante change légèrement de direction et de point d'application, mais d'autant moins que le corps AB navigue plus par le travers, et c'est ainsi que la chose se présente habituellement; de sorte qu'on peut compter, pendant la route en ligne droite, sur une divergence constante à toutes les allures.

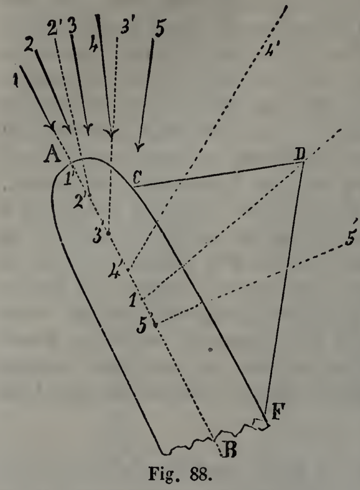


Fig. 88.

Torpille Harvey. — La torpille Harvey est une boîte de fer, étroite, présentant en élévation la forme d'un trapèze, lestée de façon à couler si elle n'était maintenue par une bouée à la profondeur déterminée par la longueur de l'orin. Cette boîte renferme une enveloppe métallique chargée de poudre. Un orifice à la partie supérieure de la boîte est destiné à recevoir un tube en métal rempli de fulminate. La percussion est produite par un système de leviers qui fonctionnent dès que la torpille arrive choquer le flanc du navire abordé. La caisse peut contenir 30 kilogrammes de poudre à canon. La remorque est fixée à la torpille par une patte d'oie tellement installée que la traction fait monter la caisse à la surface, par un phénomène qui s'explique tout comme la divergence dans le plan horizontal, ou comme l'ascension d'un cerf-volant. La manœuvre à exécuter pour faire usage de cette torpille paraît assez incertaine, quoi qu'en dise le capitaine Harvey. Le remorqueur doit courir sur l'ennemi, de façon à glisser la torpille sous ses formes, à ce moment il dévide la remorque; la torpille qui n'est plus sollicitée par la tension de la remorque, s'arrête et coule à

pic; après un court intervalle, on raidit la remorque; la torpille remonte alors subitement vers la surface et vient frapper le flanc du navire ennemi, par les leviers dont elle est armée et qui font détoner le fulminate de l'amorce. On doit rendre cette justice au capitaine Harvey, que les expériences qu'il a faites lui-même par des simulacres d'attaque d'un navire, ont toujours été couronnées de succès.

La torpille Harvey a été transformée à fonctionnement électrique, à cause des avantages que nous avons maintes fois signalés, et aussi parce qu'en France on faisait usage d'une torpille remorquée bien supérieure à la torpille Harvey comme facilité de manœuvre et comme sécurité de fonctionnement. Cependant l'expérience journalière qu'on en a faite depuis, a révélé bien des défauts, dont on s'est facilement débarrassé d'une façon triomphante, et la torpille remorquée française ne laisse plus rien à désirer. Il reste toutefois la difficulté, et ce n'est pas la moindre, de manœuvrer assez habilement pour toucher l'ennemi avec la torpille menée en remorque.

Torpilles automobiles. Torpille Whitehead. — Tous les engins dont nous venons de parler sont, en somme, encore un peu primitifs; ils accusent les premiers pas que l'on a faits dans l'art de la guerre sous-marine, et l'on peut prévoir aisément que l'avenir réserve mieux. Déjà le génie de l'invention a créé un merveilleux appareil, connu de tout le monde maritime sous le nom de « *torpille Whitehead* » et qui, théoriquement du moins, semble ne plus rien laisser à désirer. La torpille Whitehead est, du reste, la seule des torpilles automobiles qui ait pris rang dans le matériel normal de guerre, et dans un récent combat d'un navire anglais, le *Shah*, contre un navire péruvien, le *Huascar*, une torpille Whitehead a été lancée contre ce dernier. Le Shah, profitant d'un moment où il passait assez peu loin de l'arrière du Huascar, lui détacha une torpille Whitehead, qui filait en droite ligne sur le navire péruvien. Fort heureusement pour celui-ci, la vitesse de la torpille était moindre que la sienne qui était de 11 nœuds; c'était un des premiers modèles construits par M. Whitehead, qui maintenant en fabrique de beaucoup plus rapides, filant jusqu'à 20 nœuds. Il n'est pas douteux qu'une de ces dernières eut atteint le Huascar et l'eût envoyé au fond de l'eau. Il est difficile de décrire une torpille Whitehead sans de nombreuses planches à l'appui; nous nous bornerons simplement à indiquer sa forme, les traits généraux de son mécanisme et les propriétés dont elle jouit.

La torpille tout entière affecte la forme d'un long fuseau de 5 mètres de long et de $0^m,40$ au diamètre le plus fort. L'enveloppe est en tôle d'acier, et presque aucun appendice n'apparaît à l'extérieur de l'enveloppe, si ce n'est une hélice à la partie postérieure, un gouvernail vertical et un autre horizontal, dont il sera reparlé plus loin. La capacité intérieure est divisée perpendiculairement à la longueur en plusieurs compartiments. Dans la partie conique antérieure, se trouve la charge explosive. L'extrémité même du cône est mobile et disposée de telle sorte qu'en s'enfonçant sous l'action d'un choc, elle déclanche un percuteur mû par un ressort à boudin, et détermine l'explosion au moment du contact.

En arrière de la chambre de charge, se trouve un espace peu considérable dans lequel est contenu un appareil à piston hydrostatique, pour régler l'immersion. Lorsque la torpille est trop immergée, ce piston s'enfonce sous l'action du poids de la colonne d'eau, qui est supérieur à la force de bandé du ressort. Quand au contraire l'immersion est trop faible, la force du ressort est en excès. Il se produit donc un mouvement du piston dans un sens ou dans l'autre, à moins que la torpille ne soit à l'immersion pour laquelle on l'a réglée, et ce

mouvement se transmet par une série de tringles articulées, au tiroir d'une petite machine particulière qui fait jouer le gouvernail horizontal de façon à faire monter ou descendre la torpille.

Ensuite vient un compartiment plus grand, qui sert de chambre à air, et contient en même temps un appareil modérateur des mouvements transmis au tiroir de la petite machine du gouvernail par le piston hydrostatique.

En arrière, un quatrième compartiment plus grand que les précédents mais bien restreint cependant, si l'on considère qu'il contient toute une machine à air comprimé, donnant le mouvement à l'hélice de la torpille, mouvement assez rapide pour que l'engin prenne une vitesse de 20 nœuds sous l'action de l'hélice qui fait 75 tours pour 50 mètres de parcours, soit, par conséquent, 15 tours à la seconde.

On charge la machine en introduisant dans le réservoir de l'air comprimé jusqu'à 100 atmosphères; mais il n'est admis sous les pistons, après avoir passé par un réducteur de pression, qu'à la pression de 30 atmosphères. Lorsque la torpille sort du tube au moyen duquel on la lance, un taquet ménagé dans ce tube, ouvre, en agissant sur un doigt, la valve d'admission de l'air; l'hélice se met à tourner et la torpille prend sa course rapide en ligne droite, si aucun accident extérieur, comme un fort courant, ne vient l'influencer. Le lancement des torpilles Whitehead est une question capitale, déjà étudiée, résolue dans beaucoup de cas, mais qui demande encore beaucoup de perfectionnements. Dès le début, les tubes de lancement ont été placés à 2 ou 3 mètres au-dessous de la ligne de flottaison du navire, parallèlement à la quille. On ne pouvait donc tirer que devant soi, grave imperfection, car le tir par le travers peut être souvent fort utile : on a dû toutefois renoncer à l'exécuter sous l'eau, parce que la torpille, fortement appuyée contre les parois du tube, par l'action transversale des filets d'eau au moment de la sortie, se trouve ou brisée ou arc-boutée et ne fonctionne plus. On a dès lors imaginé de lancer les Whitehead en les projetant du pont à l'eau, et ce n'est pas un des moindres étonnements que l'on puisse éprouver, de voir cet engin purement mécanique tomber à l'eau, s'enfoncer, remonter à la surface par un bond de marsouin, replonger et enfin prendre de lui-même par des lacets de moins en moins étendus, l'immersion pour laquelle il a été réglé. Le réglage assure donc que la torpille reste bien à l'immersion voulue; mais rien ne permet d'assurer la direction ou de la redresser si elle devient mauvaise. Il faut s'en remettre à la parfaite disposition des organes moteurs, qui peut seule assurer que la torpille n'étant soumise qu'à des forces passant par le centre de gravité, conservera sa direction première. On conçoit combien ce point est délicat. Le gouvernail vertical dont il a été fait mention ne pouvant être manié à propos, est fixe; on donne à ses deux parties, supérieure et inférieure, une légère courbure destinée à contrebalancer l'effet de l'hélice, qui serait de donner à la torpille un mouvement de rotation en sens contraire.

La torpille de Whitehead possède de nombreuses qualités de détail qu'il est bon de signaler. Elle ne devient susceptible de faire explosion que déjà loin, à 50 mètres au moins, du navire qui la lance. Un verrou de sûreté qui maintient le percuteur est enlevé pour cela après un certain nombre de tours de la machine, par le jeu d'un appareil analogue aux compteurs. Par le même effet, elle redevient inoffensive après le parcours que l'on veut; il suffit d'un réglage préalable. De même encore, on est maître de déterminer la distance à laquelle on veut que la machine s'arrête, et il est loisible de faire qu'alors la torpille aille au fond ou vienne flotter à la surface après être devenue inerte. La torpille de M. Whitehead est, comme on le voit, un appareil doué de propriétés merveilleuses. Elle offre ceci de remarquable d'ailleurs que dans tous les essais aux-

quels on la soumet, malgré la délicatesse de ses organes mécaniques si nombreux, le fonctionnement ne laisse rien à désirer. Un seul point donne des inquiétudes : le lancement n'est pas toujours assuré dans toutes les circonstances.

Ce n'est pas seulement sur les navires de guerre que l'on doit employer la torpille Whitehead. On s'en servira certainement pour établir de véritables batteries à terre, défendant l'entrée d'une passe. Le problème du lancement est alors grandement simplifié, puisque la torpille peut à la rigueur partir seule. Sur un navire, au contraire, il faut lui imprimer dès sa sortie du tube une vitesse qui lui permette de dégager rapidement les eaux du navire, et il faut une force considérable pour lui imprimer cette vitesse pendant son parcours dans le tube. Le pointage à terre est aussi beaucoup plus facile qu'à bord d'un bâtiment. Il reste toutefois l'incertitude où l'on se trouve sur la route que peut prendre à un instant donné un navire ennemi, incertitude qui réduit considérablement la distance à laquelle on peut employer utilement la torpille Whitehead. Et si des courants de force variable viennent encore troubler la direction imprimée, quelle probabilité restera-t-il d'atteindre un but donné? Les expériences manquent à cet égard, de même qu'elles manquent aussi au sujet du fonctionnement de la mise en feu. Les premières peuvent encore se faire; mais il est douteux que l'on cultive jamais beaucoup les autres à cause du prix extrêmement élevé de la torpille Whitehead. Il est donc permis d'être circonspect au sujet des résultats que pourra procurer l'usage de ces engins, mais il serait souverainement imprudent de se priver de leur appui.

Bateaux-torpilles. — Deux ingénieurs américains, MM. Ericson et Lay ont imaginé chacun un système permettant de faire mouvoir et de diriger du rivage, ou du bord d'un bâtiment, un petit canot à vapeur armé d'une torpille. Un savant français, constructeur illustre d'appareils de physique, Froment, avait aussi imaginé un système qui permettait de diriger un navire à distance, et on a construit en France plusieurs chaloupes munies de l'appareil Froment. Les trois inventions tendent vers le même but : supprimer les bateaux porte-torpilles, qui seraient remplacés avantageusement par des *bateaux-torpilles* n'ayant pas d'équipage; faire disparaître le seul grave inconvénient de la torpille Whitehead, l'incertitude de la direction.

Les moyens mis en œuvre diffèrent dans les trois systèmes. Pour diriger son bateau, Ericson le relie au navire directeur, au moyen d'une corde tubulaire, dans laquelle on peut lancer de l'air comprimé. Ce fluide, suivant sa pression, gonfle plus ou moins un sac élastique qui s'appuie sur la barre du gouvernail et en détermine la direction. C'est aussi par ce tuyau adducteur que fonctionne la machine de propulsion. Le bateau-torpille Lay fonctionne au moyen de l'électricité. Il est relié au navire dirigeant ou à la côte, par un fil conducteur qui traversant des électro-aimants, fait fonctionner ceux-ci de manière à ouvrir et fermer alternativement une valve d'admission d'une machine à acide carbonique. L'appareil directeur est mis en jeu également par l'alternance d'actions des électro-aimants, qui opère un changement de soupape tel que le gaz peut agir à volonté sur l'un ou l'autre des pistons qui font mouvoir la barre du gouvernail. Quand le courant de direction est complétement interrompu, une disposition ingénieuse fait prendre à la barre la position droite.

Dans le système français, la marche en avant du bateau porte-torpille est indépendante du navire dirigeant. Une machine à vapeur dont le foyer est alimenté au pétrole distillant goutte à goutte, est mise en train au départ, et continue de faire tourner l'hélice tant qu'il y a de la vapeur. La direction s'obtient par des électro-aimants dont l'action est facile à comprendre. Suivant que

le courant passe dans l'un ou l'autre de ces électro-aimants, un contact qui est attiré à droite ou à gauche met la barre du gouvernail (remplacée par un arc-denté) en prise avec un pas de vis dextrorsum ou sinistrorsum. L'arbre qui porte ces deux pas de vis, tourne d'une manière continue, recevant son mouvement de l'arbre de l'hélice. On peut donc porter facilement la barre d'un bord ou de l'autre, ou la ramener droite. Ces inventions ingénieuses n'ont pas, jusqu'ici donné de résultats assez heureux pour qu'on les ait adoptées dans le service. Il semble cependant qu'on puisse utiliser avantageusement de pareils navires dans bien des cas. Qui empêcherait, par exemple, pour forcer une passe défendue par des torpilles fixes, d'envoyer à la nuit de pareils navires dirigeables, sur le compte desquels la défense se tromperait certainement, et contre lesquels elle ferait partir plusieurs torpilles, ouvrant ainsi un passage à l'attaque réelle? Quoi qu'il en soit, on paraît avoir oublié aujourd'hui les bateaux-torpilles dirigeables; le plus grand reproche qu'on puisse leur faire est de ne pas atteindre de vitesses suffisantes, embarrassés qu'ils sont par le câble dont ils doivent dérouler une grande longueur dans tous les systèmes. Ainsi, en cherchant à supprimer le grand défaut inhérent à la torpille Whitehead, de n'être pas dirigeable, on tombe dans un autre, celui de la lenteur qui entraîne la même incertitude dans le succès. Le désir de faire disparaître deux inconvénients aussi graves conduit tout naturellement au besoin impérieux de produire une torpille qui puisse être lancée comme un projectile, atteindre ainsi sûrement le navire, puis tomber à l'eau, couler à une certaine profondeur et faire explosion. Il n'est pas bien facile de résoudre ce problème, mais déjà plusieurs essais ont été tentés, et il est tout à fait probable qu'avant peu de temps, les inventeurs auront doté le matériel naval d'un nouveau projectile, devant lequel disparaîtront toutes les cuirasses.

VI. — Applications diverses des substances explosives.

Rupture des masses métalliques. — La poudre ordinaire n'a pour ainsi dire pas d'action sur les masses métalliques, et souvent dans les grandes forges, principalement dans celle d'acier Bessemer ou dans les hauts fourneaux, on laissait sans emploi les résultats d'opérations manquées ou les loups que l'accumulation successive de la fonte forme au-dessus des trous de coulée, ces masses ne pouvant être utilisées que par des procédés si longs et si coûteux qu'il était plus avantageux de les abandonner. L'action de la poudre sur le fer forgé est encore bien moindre que sur la fonte. Des expériences déjà nombreuses ont montré que la dynamite, le lithofracteur et le coton-poudre comprimés permettaient dans ces différents cas de résoudre industriellement le problème de la rupture. Mais c'est pour la dynamite seulement qu'on a pu arriver jusqu'à ce jour à donner une règle; encore ne s'applique-t-elle que pour un cas particulier; la voici :

La charge de dynamite nécessaire pour rompre une barre de fer forgé de 1 pied (0^{m},316) *de largeur, exprimée en livres de Vienne* (0^{k},560) *est égale au carré de l'épaisseur de la plaque mesurée en pouces. Le diamètre exprimé en pouces* (0^{m},0217) *du tube en fer-blanc de 1 pied de long nécessaire pour renfermer cette charge est égal à 1 fois $^{1}/_{2}$ l'épaisseur du fer.*

Pour rompre une grille en fer, on détruit ses points d'appui à l'aide de 15 kil. de poudre en sac ou de 0,500 de dynamite en cartouches.

La dynamite a été employée spécialement avec un grand avantage pour la rupture des grosses masses de fer enfouies sous l'eau, à la suite de la destruction des ponts métalliques dans la guerre de 1870-1871. En général, les charges

de dynamite étaient logées dans des boîtes de zinc triangulaires, qu'un plongeur disposait sur les objets à briser, et on mettait le feu au moyen de l'électricité ou d'un cordeau imperméable. Quelquefois on se contentait de ficeler un nombre convenable de cartouches; on armait cette charge d'une capsule munie d'un bout de mèche en gutta-percha; on allumait et on laissait simplement tomber à la place voulue.

Brisement des glaces. — La force énorme développée par l'explosion de la dynamite et son inaltérabilité dans l'eau, *quand elle n'y séjourne pas trop longtemps*, rendent cette substance éminemment propre au brisement des glaces. De nombreuses expériences ont été faites, et partout on a reconnu que l'on pouvait se contenter d'employer des cartouches de dynamite à enveloppe de simple papier parchemin, tandis que l'emploi de la poudre nécessite l'usage d'enveloppes coûteuses, comme des vases métalliques ou tout au moins des vases de bois goudronné. En outre, la dynamite permet de réaliser les mêmes économies de temps et de dépenses que dans le pétardement des roches à sec. On s'est servi de ce procédé dans ces dernières années pour déblayer le chenal de navigation du Rhône près de Lyon, pour rompre les glaces de la Meuse dont la débâcle menaçait un pont provisoire du chemin de fer de l'Est, et enfin pour dégager un flottille de canonnières sur la Seine pendant le siége de Paris.

Généralement on pratique à la pioche ou à la hache, dans l'emplacement jugé convenable, une petite tranchée de $0^m,04$ à $0^m,05$ de profondeur; on lui donne une section triangulaire, la face du côté de la coupure étant verticale et l'autre en pente douce. On place dans cette rainure un saucisson de toile cirée renfermant de 300 à 400 grammes de dynamite par mètre courant, entouré de sciure de bois et recouvert de terre. Il est prudent d'employer comme amorces des capsules doublées, la gélatine gelée détonant difficilement.

Débit de souches noueuses. — Un inspecteur des forêts à Sarrebourg a essayé l'effet de la dynamite sur une souche d'un diamètre d'environ 1 mètre, qui ne dépassait le sol que de quelques centimètres. Il fit forer suivant son axe, un trou de $0^m,36$ de profondeur et de $0^m,026$ de diamètre, qu'on chargea avec 185 grammes de dynamite; on bourra avec de la terre et on mit le feu. L'explosion se produisit avec violente détonation; la souche s'éleva un peu en l'air et retomba dans son alvéole; elle présentait alors une grande quantité de fissures radiales, qui auraient permis l'introduction facile de coins et le débit de la souche.

Pêche. — En disposant de petites cartouches de dynamite sous l'eau, à l'endroit où des bancs de poissons doivent passer ou sont attirés par un appât, on peut, au moyen de l'explosion dont l'effet s'étend fort loin, étouffer ou étourdir une grande quantité de ces poissons.

Démolition des maçonneries. — Nous avons dit dans le chapitre III que la charge C d'un fourneau ordinaire à la poudre noire était exprimée par le produit gh^3, où g représente un coefficient variable avec le milieu dans lequel on opère, et h la ligne de moindre résistance. Nous avons ajouté en note que l'on supposait en outre que le bourrage présentait une résistance suffisante et était égale au moins à $\frac{3}{2}h$.

On a reconnu que si l'on veut obtenir les mêmes effets en diminuant le bourrage, il faut augmenter convenablement la charge; ainsi il faut *doubler* la charge quand on supprime totalement le bourrage. On est allé plus loin et l'on a constaté que si l'on se contente de placer la charge de poudre dans une caisse

cubique, ou plus ou moins engagée dans le milieu à rompre, sans rameau ni bourrage, on devra multiplier la charge que donne la formule $C = gh^3$,

par 11,213 si l'une des faces de la boîte est découverte,
par 14,128 si 2 faces sont découvertes,
par 17,800 s'il y en a 3,
par 22,426 s'il y en a 4,
par 28,256 s'il y en a 5.

Des expériences récentes ont permis d'étendre ces résultats à la dynamite, au moyen de la règle suivante, qui ne s'applique qu'à un cas particulier :

Pour demolir des murs détachés à l'aide de charges de dynamite placées sans bourrage au pied de la maçonnerie; il suffit de donner à ces charges des poids 14 à 15 fois moindres que si l'on employait la poudre.

En pratique, quand l'épaisseur d'un mur isolé n'excède pas $1^m,50$, on pose sur le sol, au contact du mur, sur toute la longueur de la tranchée horizontale qu'on veut produire, une charge de dynamite logée dans un saucisson en toile ou dans un cylindre en fer-blanc, calculée en prenant en kilogrammes, *pour chaque mètre courant*, dix fois le carré de l'épaisseur du mur exprimée en mètres; en d'autres termes, on se servira de l'équation $C = 10E^2$, où C représente la charge en kilogrammes et E l'épaisseur du mur en mètres.

Quand le mur est très-épais, on fait deux explosions, la première n'ayant pour résultat que de produire une rainure profonde, dans laquelle on loge une seconde charge. Quand il s'agit de murs terrassés, on opère comme nous l'avons dit à propos des *brèches* dans le chapitre III. On a récemment employé la dynamite et le coton-poudre pour abattre près de Berlin une cheminée d'usine haute de près de 52 mètres. On dût, à la suite de divers essais, augmenter notablement les charges données par la formule $C = 10 E^2$, à cause de la résistance opposée par la disposition des briques en forme de voûte.

Rupture des bois. — Pour détruire les palissades, il faut, par mètre courant, de 10 à 15 kilogrammes de poudre ordinaire en sacs ou 3 kilogrammes de dynamite contenus dans des saucissons de toile ou des tubes de fer blanc. Dans ce dernier cas, il suffit de mettre le feu à l'une des extrémités de la charge à l'aide d'une capsule fulminante, tandis que, dans le premier, chaque sac doit être muni de son cordeau et recouvert de quelques sacs à terre formant bourrage. Pour rompre les palauques, il faut doubler à peu près les quantités ci-dessus.

Mise hors de service de l'artillerie. — L'explosion de 500 grammes de dynamite logés dans l'âme d'un canon, ou de 2 kilogrammes placés sur les tourillons, suffisent pour mettre la pièce hors de service.

Emploi de la dynamite dans les incendies. — Dans les incendies, il est quelquefois utile de renverser des murs en les sapant à la pioche et en les renversant au moyen de cordes et de crochets. On est arrivé au même résultat, avec plus de rapidité et moins de dangers, en déposant des saucissons de dynamite au pied des murs à abattre. Aussi les pompiers de Boston (Etats-Unis) viennent-ils d'introduire la dynamite dans leur matériel.

Détails complémentaires sur l'art. III.

(EXPLOSIONS SOUTERRAINES. Voir p. 351)

Emploi de la dynamite. — On a encore peu étudié l'emploi de la dynamite dans les explosions souterraines. Un fait est cependant déjà acquis; c'est l'utilisation de la propriété que possède la nouvelle substance explosive de comprimer les terres, pour faire rapidement à l'extrémité des forages dont nous avons parlé p. 345 des chambres pouvant contenir de grandes quantités de poudre ou de dynamite. Il résulte de nombreuses expériences qu'une charge de dynamite placée à l'extrémité d'un forage de faible diamètre produit une excavation pouvant contenir 460 fois son poids de poudre. Un tel fourneau n'ayant besoin d'aucun bourrage peut être placé et prêt à agir, en moins d'une heure à *b* mètres du point de départ.

La même propriété est utilisée pour transformer les forages en rameaux de mines, en les élargissant au moyen d'une charge de dynamite répartie sur toute leur longueur. Dans une terre argileuse, une charge de 1 kilogramme par mètre courant suffit largement pour obtenir ce résultat, et l'action de la dynamite comprime tellement les terres qu'il n'est pas besoin de coffrer les rameaux ainsi produits.

En général on admet que, pour charger un forage creusé dans un terrain compact et résistant, la dynamite équivaut à une charge de poudre d'un poids 2 fois $^1/_2$ plus fort.

Emploi du lithofracteur. — Malgré les gaz délétères dégagés par le lithofracteur, cette substance, grâce aux effets de détente qu'elle possède tandis que la dynamite en est complètement privée, parait pouvoir être employée concurremment à la poudre noire, et même de préférence, pour produire les effets souterrains. L'expérience n'est point faite à cet égard et les ingénieurs français se proposent d'étudier l'effet des fourneaux chargés d'un mélange de dynamite et de poudre de mine qui doivent produire des effets analogues à ceux du lithofracteur.

Mines et contre-mines. — Quant on attaque une place il ne suffit point de faire une brêche à son enceinte il faut encore amener, sans trop de pertes jusqu'à cette brêche, les troupes destinées à enlever la place. On a vu, dans l'article qui commence ce volume, comment l'assaillant avançait pied à pied à l'aide de tranchées. Le défenseur s'oppose à l'établissement de ces tranchées soit par l'artillerie des remparts, soit par les sorties soit par des cheminements souterrains qui portent le nom de *contre-mines* et qui consistent en une série de galeries terminées par des fourneaux dont l'explosion bouleverse les travaux de l'attaque. Ces galeries, appelées *écoutes* sont généralement à peu près parallèles et partent de la contrescarpe; leur distance varie entre 30 et 40 mètres, de manière à pouvoir bouleverser à l'aide de rameaux latéraux tout le terrain intermédiaire : leur sol est maintenu à 10 mètres au-dessous du glacis, si le terrain le permet, afin que le mineur assaillant ne puisse prendre le dessous.

L'effet moral des explosions souterraines est tel que, quand une place est défendue par un système de contre-mines, l'assaillant ne peut les négliger. Il doit avant tout essayer de les détruire et pour cela aller chercher lui même sous terre le mineur ennemi.

La tactique de cette guerre consiste à s'avancer en silence à la rencontre de

son ennemi, à passer à côté de lui sans qu'il s'en aperçoive et à lui couper la retraite en rompant par un camouflet sa galerie sur ses derrières.

En outre le but de l'assiégé est de bouleverser constamment le terrain des attaques et celui de l'assiégeant de s'emparer des entonnoirs de la défense et de s'en servir comme d'un abri pour se porter en avant.

Les contre-mines qui avaient été négligées depuis quelques années reprennent aujourd'hui une importance plus grande que jamais, puisque c'est presque la seule arme de la défense qui n'ait rien à craindre des perfectionnements incessants de l'artillerie de l'attaque.

Brèche par la mine. — Autrefois, avant qu'on n'employât le tir courbe de l'artillerie, il était souvent difficile, dans les places bien *défilées*, de faire brèche avec le canon; on *attachait alors le mineur*, c'est-à-dire qu'un ingénieur allait placer un mineur dans le plus grand silence, de nuit, à l'endroit où la muraille devait être attaquée; celui-ci se couvrait au commencement de son travail avec quelques forts madriers, et, démolissant la maçonnerie avec un pic, il se hâtait de se mettre à l'abri dans l'épaisseur du mur. Quand il l'avait traversé, il se retournait en équerre et creusait une chambre que l'on remplissait de poudre; l'explosion des fourneaux renversait l'escarpe.

La charge était calculée comme un fourneau ordinaire agissant en terrain ordinaire et augmentée de 1/4 pour les escarpes de plus de 8 mètres, de 1/2 pour les escarpes de 6 à 8 mètres et doublée pour les escarpes en-dessous de 6 mètres de hauteur.

Aujourd'hui, les brèches dans les contrescarpes se font généralement de loin avec le canon; mais on emploie toujours la mine pour renverser les contrescarpes que le canon ne peut atteindre.

FABRICATION DES ARMES BLANCHES

La fabrique de Tolède, qui a eu un des grands prix de la classe 40, présentait les types de toutes les armes blanches en usage dans l'armée espagnole et des maquettes indiquant les détails de fabrication. Cette fabrication dont la renommée est séculaire, diffère en certains points de celle qui est usitée en France. Jusqu'à ce jour l'une et l'autre ont été peu connues du public, à cause du mystère dont les entouraient les Gouvernements; nons allons les décrire d'une façon succincte et nous indiquerons d'abord quelles sont les conditions que doit remplir une bonne arme.

Nature du métal. — Le métal qui sert à la fabrication d'une arme blanche quelconque doit offrir de la *dureté* pour conserver son tranchant ou sa pointe, de la *ténacité* pour ne pas se briser dans le choc, de l'*élasticité* pour pouvoir ployer sans se rompre à la rencontre d'un obstacle trop résistant (1); mais cette élasticité doit être limitée, ce que l'on exprime en disant que l'arme doit avoir aussi de la *raideur*. On arrive à donner cette dernière qualité soit par la nature du métal, soit par la forme de la lame. Les différentes qualités qui viennent d'être énumérées sont difficiles à concilier; elles s'excluent en partie l'une l'autre. — Les lames dites de *Damas* qui sont fabriquées surtout dans l'Inde et dans la Perse et qui ont eu à l'époque des croisades une si grande réputation, sont extrêmement dures, mais très-cassantes; leur tranchant est excellent, mais elles sont sujettes à se rompre quand le coup porte à faux (2). Les lames de Tolède présentent au contraire une très-grande élasticité et de plus elles ne sont généralement point faussantes, mais elles pêchent peut-être par manque de raideur.

Examinons maintenant les formes qu'il convient de donner aux diverses parties de l'arme dans les armes de *taille* destinées à agir par leur tranchant, et dans les armes d'*estoc* destinées à agir par leur pointe. Les armes usitées aujourd'hui dans la plupart des armées pour la cavalerie légère et les officiers montés sont à la fois coupantes et tranchantes; c'est le caprice du fabricant qui détermine dans quelles proportions ils doivent tenir de l'une ou de l'autre des catégories susdites.

Armes tranchantes. — *Forme de la lame.* — Cette forme et le mode d'action de l'arme qui en est une conséquence nécessaire ont une grande importance. Supposons d'abord qu'une lame tranchante agisse sur un corps fibreux, de telle sorte que la pression qu'elle exerce soit perpendiculaire à la direction de l'arête vive; la pénétration dépend de l'angle que forment les plans de l'arête; mais, dans le cas même où la lame serait très-effilée, la résistance à la pénétration serait très-grande, car l'effort se produit normalement à la

(1) On tient généralement à ce que non-seulement l'arme ploye sans se rompre, mais qu'elle revienne exactement à sa première forme. Quand une lame manque de cette qualité qui n'est point essentielle, elle est dite *faussante*.

(2) Ces lames étaient faites d'acier fondu au moment où ce mode de fabrication était encore inconnu en Europe. Les dessins qui couvrent les anciennes lames n'étaient point produits, comme dans les damas modernes, par l'action d'un acide sur le mélange de fer et d'acier avec lequel on corroye la lame, mais par la nature du minerai.

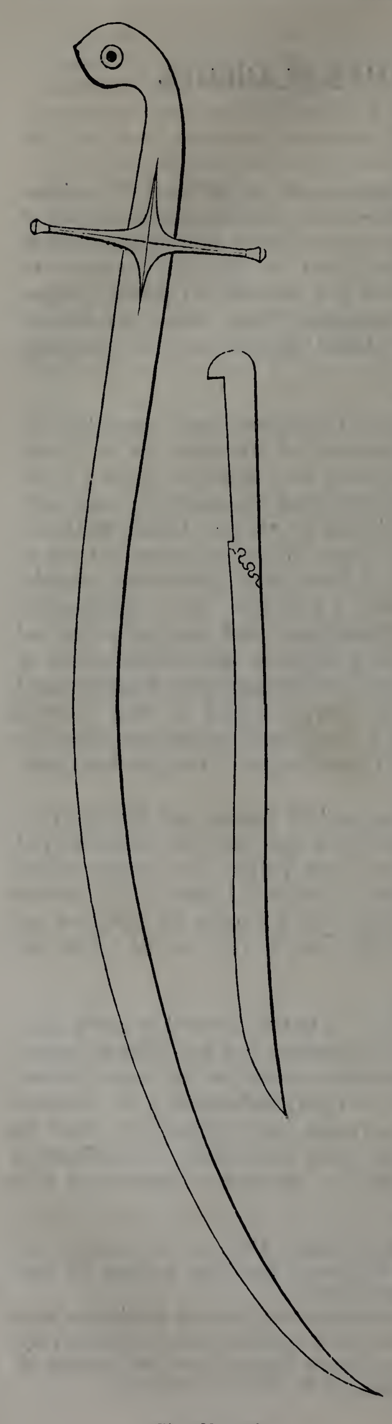


Fig. 89 et 90.

résistance; c'est ce que l'on constate quand l'on appuie fortement la main sur le tranchant d'un rasoir sans se couper. Il n'en est plus de même si la lame se présente obliquement; non-seulement on attaque la fibre d'un côté où elle n'est pas soutenue par les voisines, mais encore l'angle du tranchant est d'autant plus aigu que la lame se présente plus obliquement; c'est en effet l'angle au sommet d'un triangle dont la base est sur le dos de la lame et le sommet sur l'arête; la base reste constante et la hauteur augmente avec l'obliquité du choc.

Ainsi, pour qu'une lame rectiligne puisse produire tout son effet, il faut la manier de telle sorte qu'elle rencontre obliquement l'objet à couper et qu'elle glisse en s'appuyant sur lui de manière à le scier. Le tracé de la lame peut faciliter cette manœuvre. On appelle *cambrure* la courbure donnée à la lame. Les armes des différents peuples présentent des courbures diverses et il en résulte que chaque arme doit être maniée d'une façon spéciale. Les deux types extrêmes sont le sabre turc et la flissa arabe.

Le sabre turc (fig. 89), a une courbure telle que son tranchant présente une convexité d'autant plus grande que le point de l'arête que l'on considère est plus éloigné de la poignée. De cette façon, la partie qui agit a une vitesse et une obliquité d'autant plus grandes qu'elle est plus près de l'extrémité. Pour s'en servir, les Orientaux se lancent au galop contre leur ennemi en pointant sur le bord de la partie qu'ils veulent couper en maintenant le poignet fixe et de telle sorte que leur sabre coupe de la pointe à la poignée; ce procédé est excellent pour traverser les étoffes flottantes et légères en usage dans leur pays qui opposeraient beaucoup de résistance à une lame directement sabrante.

La flissa (fig. 90) a son tranchant sur le bord concave de l'arme. Cette disposition permet de mieux embrasser l'objet à couper, mais elle exige que l'on fasse couler l'arme de la poignée à la pointe, soit en ramenant le bras au corps dans le coup ordinaire, soit en l'éloignant dans le coup de revers. Ce mouvement ne peut pas se combiner avec la vitesse du cavalier comme dans le cas où l'on sabre directement; c'est pourquoi l'on préfère généralement pour la cavalerie le sabre à tranchant convexe. Mais la flissa s'approprie parfaitement aux mœurs des

Arabes qui ne s'en servent que pour décapiter leurs prisonniers et ont le fusil comme arme de combat.

Le profil. — La section transversale d'une arme, ou profil, est encore un des éléments qui servent à déterminer sa forme. Il doit, dans les armes tranchantes, satisfaire à la double condition de donner à la lame du *tranchant* tout en lui conservant une *raideur* suffisante. Les profils adoptés pour les armes courtes et massives sont le losange ou le triangle allongé suivant que l'on veut un ou deux tranchants (fig. 91). Quand l'arme doit être longue, ces profils donneraient un trop grand poids et on allège la lame au moyen de *gouttières* et de *pans creux* disposés d'une foule de façons dont voici deux spécimens simples (fig. 92).

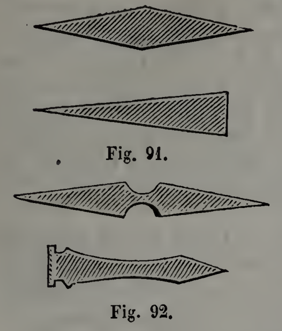


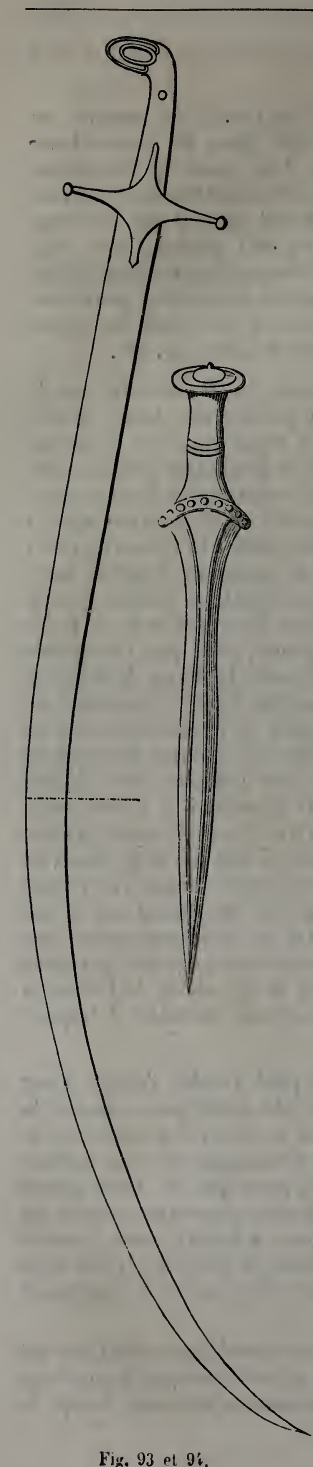
Fig. 91.

Fig. 92.

Répartition de la masse. — Il ne suffit pas de déterminer le tracé et le profil d'une lame, il faut encore répartir sa masse d'une manière convenable. Un sabre avec lequel on frappe un obstacle peut être considéré comme un corps animé d'un mouvement de rotation. L'intensité du choc et par suite la pénétration, est proportionnelle à la vitesse du point où a lieu le contact et au moment d'inertie de la masse choquante. Or, la vitesse, produit de la vitesse angulaire (limitée par la force musculaire du bras) par la distance entre l'axe de rotation et le point choquant (limitée par la longueur du bras et de l'arme), n'est pas susceptible d'un grand accroissement; il faut donc chercher à répartir la masse de manière que le moment d'inertie soit un maximum. On satisfait à cette condition en portant vers l'extrémité de l'arme la plus grande partie de la matière; c'est ce qu'on appelle *donner le coup* à l'arme. La hache offre un exemple bien net de cette disposition. Mais, pour les armes qui doivent être maniées avec aisance afin de pouvoir rapidement passer de l'attaque à la parade, il y a une autre condition, c'est *d'être bien en main*; c'est-à-dire qu'il doit y avoir entre la lame et la monture un rapport de poids tel que l'ensemble ne soit pas trop lourd de la pointe, ce qui serait fatigant pour le bras, ni trop léger auquel cas l'arme n'aurait pas de coup. Cela exige que le centre de gravité de l'arme soit à une petite distance de la poignée. On obtient ce résultat en allégeant autant que possible la partie voisine de la monture tout en reportant le poids aux deux extrémités vers la pointe et vers le pommeau. C'est la raison de la forme en *feuille de sauge* qu'affectaient les anciennes épées gauloises destinées à frapper d'estoc et de taille (fig. 93).

Forme de la poignée. — La forme de la poignée peut rendre l'usage d'une arme plus ou moins facile. En effet, dans les armes de taille par exemple, la force centrifuge tend à faire glisser la poignée dans la main et à appliquer le petit doigt contre la monture. Il faut que ce doigt s'applique sur une surface large et lisse pour ne point être excorié. En outre, pour que la lame puisse acquérir une grande vitesse angulaire, il faut que, pour une position donnée du poignet, la poignée ait beaucoup de jeu. L'expérience a montré que la meilleure manière de satisfaire cette condition est de rendre la poignée étroite dans le sens de le largeur de la lame, surtout aux deux extrémités où s'appuient l'index et le petit doigt.

Forme de la garde. — Pour les armes de taille une condition essentielle est que l'arme, dans son ensemble, soit parfaitement symétrique par rapport au tranchant, afin que la lame ne tourne pas dans la main après avoir frappé le


Fig. 93 et 94.

coup. La disposition usitée dans l'armée française et qui donne plusieurs branches du même côté à la garde sous prétexte de protéger le dos de la main est donc une disposition vicieuse. Les Orientaux n'ont point commis cette faute et, comme ils ne combattent qu'avec le tranchant, ils ont formé leur garde d'une simple traverse. Pour nous qui avons à craindre des coups de pointe, nous devons adopter la disposition des gardes allemandes et espagnoles qui présente une large coquille symétrique par rapport à la lame se rejoignant au pommeau par une branche unique; cette branche protége contre un coup de taille l'extrémité des doigts dont l'amputation empêcherait au combattant de tenir son arme, tandis qu'une blessure au dos de la main peut être sans conséquence.

Forme de la pointe. — Cette forme est sans importance pour les armes à forte cambrure comme les sabres orientaux, mais dans nos sabres de cavalerie légère destinés à frapper d'estoc et de taille, elle doit être adoptée d'après les principes que nous allons indiquer à propos des armes de pointe d'estoc.

Parmi les armes de taille bien comprises, citons encore le sabre persan (fig. 94), presque semblable au sabre turc, mais où la partie droite est plus longue.

Armes d'estoc. — *Forme de la lame.* — Pour les armes d'estoc ou de pointe, la forme droite est celle qui convient le mieux parce que l'effort est dirigé normalement à la résistance et que la direction de celle-ci passe par la poignée. Au contraire si la lame est courbe, la résultante des résistances ne passe pas par le point d'appui et tend à faire tourner l'arme : en outre la composante de l'effort qui produit la pénétration sera d'autant plus faible que l'angle sera plus grand (fig. 95).

Cependant il y a certains cas où une légère courbure est avantageuse. Dans l'escrime à pied, lorsqu'on est en garde, la pointe de l'arme est plus élevée que le poignet, et lorsqu'on porte un coup de pointe, celle-ci décrit une courbe dont la concavité est tournée vers le sol. Pour que la pénétration ait lieu le plus facilement possible, il faut que l'arme se présente à chaque instant suivant sa section minimum, c'est-à-dire qu'elle affecte une courbure semblable à la courbe décrite. C'est pour ce motif que les fleurets ont une lame recourbée vers le sol et que dans les épées du temps de Louis XIV et de Louis XV comme dans nos épées de combat moderne, la soie et par suite la poignée fait un coude avec la lame; c'est encore pour la même raison que dans l'exercice

au sabre recourbé, lorsqu'on veut donner un coup de pointe, on renverse l'arme, le tranchant au-dessus.

L'expérience a montré que, si un cavalier veut se servir d'un sabre comme arme d'estoc, la meilleure manière de l'utiliser c'est de charger en pointant en tierce et en ligne droite. Dans ce cas la lame doit être droite; c'est en effet la forme adoptée pour la lame du sabre de la cavalerie de réserve.

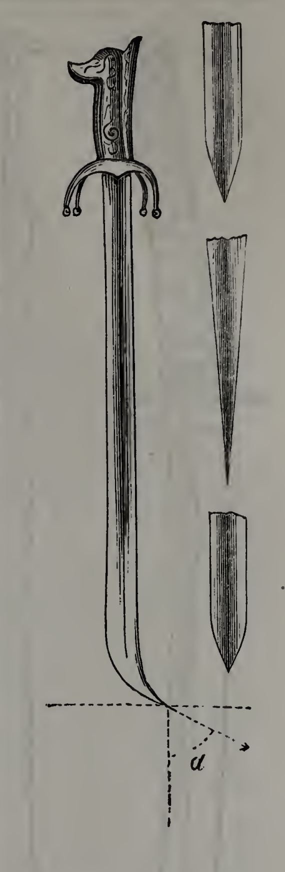


Fig. 95 et 96.

Forme de la pointe. — Elle doit être déterminée par la condition de présenter le moins de résistance à la pénétration. La forme en biseau a l'inconvénient de présenter au changement brusque de pénétration. La forme en pointe obtenue en diminuant la largeur d'une façon continue a l'inconvénient de ne point présenter toujours assez de solidité, et on a coutume d'adopter un moyen terme, c'est-à-dire une pointe en biseau avec angles adoucis (fig. 96).

Profil de la lame. — Les profils les plus usités ont été autrefois le losange aplati, dans les épées antérieures à Louis XV, et le profil triangulaire, dans celles du XVIIe siècle (fig. 97). Les sabres actuels de la cavalerie de réserve ont pour profil un losange allégé par des pans creux.

Position du centre de gravité. — L'arme d'estoc ne devant point agir par le choc, doit être aussi légère que possible afin de ne point fatiguer le bras. Cette légèreté est limitée par la rigidité et la solidité nécessaires pour pénétrer les corps durs que l'arme peut rencontrer, ainsi que par la longueur qu'il convient de lui donner pour tenir l'ennemi à distance. On remplit ces diverses conditions en rapprochant le plus possible le centre de gravité du haut de la lame tout en le laissant en avant de la main, de telle façon que le combattant sente légèrement le poids de la lame.

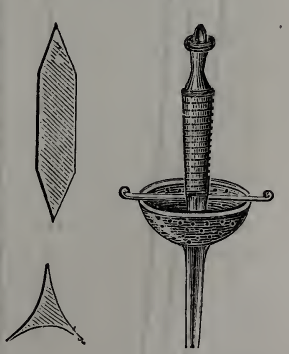
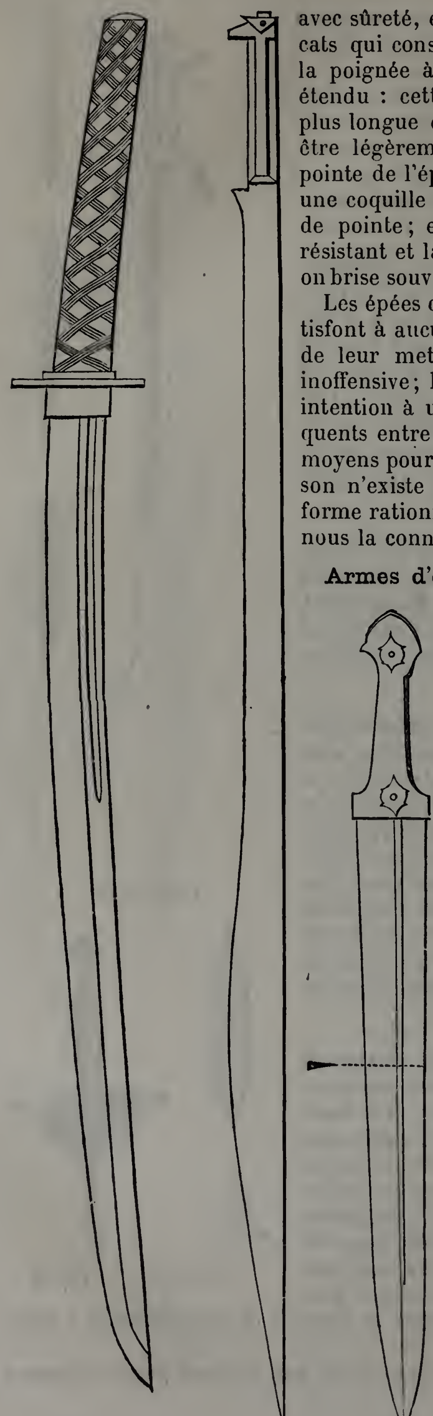


Fig. 97. Fig. 98.

Forme de la poignée. — Ici il faut distinguer nettement entre le sabre de cavalerie légère et l'épée d'escrime. La poignée du sabre doit se tenir à pleine main, la main restant fixe : il suffit donc que la main puisse la saisir commodément et que cette main soit protégée contre les coups de pointe par une forte coquille présentant un bord relevé du côté de la lame pour empêcher les coups de pointe de l'adversaire de glisser sur le bras; des branches de garde d'une forme quelconque peuvent s'ajouter à la coquille pour protéger le poignet et une partie de l'avant-bras.

Quant à l'épée c'est toute autre chose. Pour que le tireur puisse la manier


Fig. 99, 100 et 101.

avec sûreté, et lui imprimer les mouvements délicats qui constituent l'art de l'escrime, il doit tenir la poignée à pleine main, le pouce en dessus et étendu : cette poignée doit donc être beaucoup plus longue que dans les sabres; elle doit de plus être légèrement recourbée de façon à abaisser la pointe de l'épée dans la position de la garde. Enfin une coquille doit protéger la main contre les coups de pointe; en faisant cette coquille d'acier très-résistant et la perçant de petits trous, on arrête et on brise souvent la pointe de son adversaire (fig. 98).

Les épées que portent les officiers français ne satisfont à aucune de ces conditions et il est ridicule de leur mettre au côté une arme complétement inoffensive; la forme actuelle a été introduite avec intention à une époque où les duels étaient si fréquents entre les militaires, qu'on cherchait tous les moyens pour les éviter; mais aujourd'hui cette raison n'existe plus et il conviendrait d'adopter une forme rationnelle, ne fût-ce que pour montrer que nous la connaissons.

Armes d'estoc et de taille. — Sous ce titre il faut ranger un très-grand nombre d'armes, car il est naturel de chercher à réunir ces deux propriétés.

Parmi celles qui sont bien établies, nous citerons la *flissa*, déjà indiquée à propos des armes de taille, le *yatagan*, dont la forme est analogue (fig. 99), et nos sabres-baïonnettes, qui sont tracés d'après les mêmes principes.

Le sabre japonais dont on se sert à deux mains comme arme de taille, peut être également employé comme arme d'estoc; c'est une arme excellente dont le corps est en fer et le tranchant en acier hors ligne (fig. 100).

Le *kama* persan, long seulement de 40 centimètres est aussi une bonne arme pour les combats corps à corps, et un excellent outil pour couper (fig. 101).

Fabrication des lames. — Au siècle dernier, les fabrications les plus renommées pour les armes blanches en Europe se trouvaient à Tolède en Espagne, à Vienne en France et à Olinden en Allemagne. Dans ces trois manufactures on formait les lames d'un mélange de fer et d'acier, le fer donnant la ténacité et l'acier la dureté; mais ce composé ne se fabriquait pas partout de la même manière.

A Tolède, autrefois comme aujourd'hui, on prenait un barreau de fer qu'on enfermait sur une grande partie de sa longueur dans une épaisse lame d'acier repliée sur elle-même, puis on portait le tout au feu, on martelait, on allongeait et on façonnait; le fer devenait la soie et l'âme de l'arme, et l'acier la partie apparente de la lame. En Allemagne et en France on employait, suivant les cas, deux procédés :

Le premier consistait à mêler les deux substances à peu près par parties égales le plus intimement possible, ce que l'on obtenait par une série de corroyages. On forçait la proportion de l'un ou de l'autre des composants suivant la nature de ceux-ci et le but spécial de l'arme; ainsi à un fer mou et filandreux, il fallait plus d'acier.

Le deuxième procédé consistait à forger d'abord la lame de fer et à lui donner à peu près la forme qu'elle devait avoir; puis, s'il s'agissait de faire un sabre à un seul tranchant, on fendait le fer sur son champ, on formait sur sa longueur une entaille ou fente capable de contenir le tiers ou la moitié de la largeur d'une lame d'acier en forme de couteau que l'on y insinuait à froid lorsque le fer était chaud (l'opération se faisait ainsi pour éviter de brûler l'acier lorsqu'on portait ensuite la lame au feu pour opérer le soudage); on corroyait ensuite le tout ensemble. — On opérait d'une manière analogue lorsque l'on voulait obtenir deux tranchants.

Au commencement de notre siècle on abandonna en France ces modes de fabrication, et l'on forma les lames exclusivement d'acier naturel raffiné à trois marques, c'est-à-dire d'un acier au bois ayant été soumis à trois corroyages successifs qui avaient augmenté sa ténacité et surtout son homogénéité.

Enfin en 1845, lorsque la fabrication de l'acier fondu se fut répandue en France, on adopta dans nos manufactures d'armes ce métal qui était depuis longtemps usité en Angleterre et dont il était facile de constater la supériorité par des essais comparatifs. En frappant l'une contre l'autre deux lames, l'une anglaise, l'autre française, la lame d'acier fondu entamait toujours la lame d'acier naturel.

On sait que la fonte de l'acier a pour but de remplacer ces corroyages et de donner au métal une homogénéité très-grande. Le métal destiné à la fusion est presque toujours un bon acier de cémentation. Les barres cémentées sont trempées puis brisées en menus fragments. Ces menus fragments, dont la nature plus ou moins aciéreuse se révèle par l'aspect de leur cassure sont soigneusement assortis. Ce triage permet d'obtenir par la fusion, dont nous ne donnerons point ici le détail, un métal d'une composition déterminée par le but que l'on désire atteindre.

Nous avons déjà dit que les sabres orientaux célèbres sous le nom de lames de Damas étaient formés d'acier fondu; mais cet acier n'est point produit exactement de la même manière que celui que nous fabriquons aujourd'hui en Occident. Au lieu de procéder successivement à la fabrication et à la fusion de l'acier, on fait simultanément ces deux opérations. Voici comment opère le forgeron hindou :

Il se procure d'abord du fer très-doux et très-pur en traitant d'excellents minerais par des procédés analogues à ceux qui se pratiquent encore dans nos montagnes francaises sous le nom de méthode catalane. Le fer forgé en lames minces est ensuite divisé en petites plaquettes. Alors, dans un tout petit creuset d'argile réfractaire mêlée de paille de riz hachée, on introduit d'abord 500 grammes de fer en plaquettes et 50 grammes de bois sec coupé menu. On recouvre la charge de deux ou trois feuilles vertes du lizeron bleu *(convolvulus ipomea)* ou d'une autre plante sarmenteuse l'*asclepias gigantea*. On achève de remplir le créuset avec de l'argile fortement tassée, ce qui forme une sorte de couvercle ou obturateur fermant exactement. Vingt ou trente creusets sem-

blables sont empilés dans un petit fourneau chauffé au charbon de bois. Un violent tirage active la combustion et fait atteindre une haute température. Le fer rougit; au contact des matières charbonneuses, il se cémente, puis l'acier produitfond. Au bout de deux heures et demie environ, le fondeur fait tomber le feu. Ces creusets sont extraits, on les laisse refroidir, puis on les brise. On trouve au fond de chacun d'eux un petit culot d'acier dont la surface doit être sillonnée de stries rayonnantes pour que l'opération ait bien réussi. Cet acier cassant et difficile à travailler a la propriété de prendre très-bien la trempe et de donner aux lames un tranchant très-vif. Il est élastique et d'une finesse extrême.

Le métal qui commence à se répandre beaucoup sous le nom d'*acier Martin* est tout à fait analogue à l'acier oriental. On le prépare en fondant du fer très-doux avec de l'excellente fonte manganésifère.

L'acier fondu *Bessemer*, obtenu non plus comme les deux précédents par cémentation et fusion simultanées, mais par affinage et fusion simultanées ne prend pas la trempe et doit être complétement rejeté de la fabrication des armes blanches.

On vient de voir à propos de l'acier Martin qu'une faible proportion de manganèse exaltait les qualités de l'acier; il en est de même pour certains autres métaux. Un centième d'*argent* ou de *platine* allié à l'acier donne un métal d'une dureté et d'une finesse de tranchant extrêmes. Une lame faite d'acier au tungstène attaque une lame d'acier fondu. L'acier *chromé* est également très-dur.

Nous allons maintenant décrire comment on fabrique les lames à Châtellerault; ces procédés à partir du moment où la maquette a pris la forme générale de la lame sont presque identiques à ceux de Tolède, sauf peut-être pour les tours de main de la trempe où chaque ouvrier a pour ainsi dire son secret.

Réception de l'acier. — L'acier fondu destiné à la fabrication des lames de sabre arrive à la manufacture sous forme de barres méplates ayant de $0^m,015$ à $0^m,020$ d'épaisseur. On examine d'abord la cassure dont l'aspect seul peut faire rejeter la livraison ; puis on procède sous la surveillance des contrôleurs à la fabrication d'un certain nombre de lames pour voir les défauts qui peuvent se produire pendant le cours du travail, apprécier la quantité de métal nécessaire à la fabrication de la lame et constater le nombre de rebuts que donnent les lames aux épreuves spéciales prescrites par le règlement. Si le nombre des rebuts dépasse le maximum fixé par le règlement, la livraison est refusée ; s'il ne dépasse pas la limite, le métal est accepté et poinçonné ; puis il est mis en magasin pour être délivré aux ouvriers au fur et à mesure de leurs besoins.

Quand on veut procéder à la fabrication, on commence par découper les barres d'acier en morceaux appelés *bidons,* dont chacun doit fournir une lame de sabre. Cette opération s'effectue de la manière suivante :

On remplit entièrement d'eau un vase cylindrique fermé à sa partie supérieure par un couvercle percé de deux ouvertures, puis l'on introduit dans le vase par l'une de ces ouvertures un barreau d'acier ayant le volume reconnu nécessaire pour faire une lame de sabre et désigné sous le nom de *modèle.* Une partie de l'eau, d'un volume égal à celui du modèle, s'écoule par les ouvertures du vase. On retire alors le modèle et on enfonce dans le vase la barre à découper jusqu'à ce que l'eau vienne affleurer les ouvertures. Le volume de la partie enfoncée dans l'eau est évidemment égal à celui du modèle, et la longueur de la partie mouillée est celle qui correspond au volume du *bidon.* L'ouvrier porte la même longueur sur toute la barre et marque la division d'un coup de tranche.

Le découpage des barres se fait à froid. Sur chaque trait, on fait d'abord une incision au moyen de la tranche et du marteau, puis on place la barre sur deux appuis, de manière que l'incision se trouve en porte à faux, et on laisse tomber sur cette partie un mouton à déclic du poids de 400 à 500 kilogrammes, auquel on donne le nom de *casse-fer*.

Le bidon est soumis à un travail de forge ayant pour but de lui donner une forme approchée de celle que doit présenter la lame terminée, en lui laissant toutefois des dimensions un peu plus fortes, qu'on réduira par un travail à froid. Ce travail de forge comprend deux opérations bien distinctes, qui constituent la *confection de la maquette* et la *forge de la lame.*

Confection de la maquette. — La première partie du travail, la confection de la maquette, n'a pour but que d'allonger le bidon et de le rapprocher un peu des formes que doit présenter la lame de forge. Ce travail, qui ne demande pas une grande précision et qui peut être confié à des ouvriers médiocres, se fait au martinet, pour plus de rapidité et d'économie. La *maquette* (c'est le nom qu'on donne au produit de ce premier travail) a la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire allongé, à section rectangulaire; un renfort ménagé au gros bout est destiné à former le talon de la lame. Un second tronc de pyramide, beaucoup plus petit que le premier, et accolé à celui-ci par sa grande base, est destiné à former la soie. Les maquettes ont en épaisseur une fois et demie celle des lames correspondantes, aux points où l'épaisseur de ces dernières est la plus forte; leur longueur et leur largeur sont environ les $^2/_3$ des mêmes dimensions dans les lames finies.

Forge de la lame. — Le forgeur des lames, qui est aidé dans son travail par un compagnon, reçoit le métal sous forme de maquettes. Le travail du forgeur comprend deux parties distinctes : 1° étirer la maquette en répartissant convenablement le métal, de façon que la lame ne présente en chaque section que la quantité de matière nécessaire; 2° exécuter à l'aide d'étampes (ou étamper) les évidements. Ces deux parties du travail ne peuvent être effectuées en même temps, car par la première on étire le métal dans le sens de la longueur de la lame, tandis que par la seconde on l'étire dans le sens de sa largeur, en sorte que, si on les exécutait en même temps, le métal serait *contre-forgé*, et par suite perdrait beaucoup de sa qualité. En conséquence, le forgeur commence par étirer la maquette et distribuer convenablement la matière de la lame; puis, cette opération terminée, il procède à l'étampage des évidements.

Distribuer la matière de la lame. — Les lames sont toujours forgées droites et pleines, c'est-à-dire sans évidements. Pour ne laisser dans chaque partie de la lame que la quantité de matière nécessaire et réduire ainsi le plus possible le travail de l'aiguiseur, le forgeur doit prévoir ce que l'étampage des pans creux et des gouttières fera perdre en épaisseur et gagner au contraire en longueur et en largeur. La distribution de la matière présente donc quelques difficultés, et la forge de la lame réclame des ouvriers habiles et soigneux.

Cette première partie de l'opération se fait ordinairement en quatre chaudes au rouge rose. Le nombre des chaudes dépend d'ailleurs des dimensions de la lame, car le forgeur ne peut travailler à la fois que sur une petite longueur, qui est en moyenne de 0m,20 environ, mais qui varie avec l'épaisseur et la largeur des lames. La section de la lame offre alors la forme d'un trapèze dont les deux bases sont le dos et le tranchant. Si la lame doit être droite, la section est rectangulaire.

Le forgeur s'occupe ensuite d'exécuter, à l'aide d'étampes, les évidements que doit présenter la lame, c'est-à-dire les gouttières et les pans creux. Il place sur

l'enclume, dans une rainure destinée à cet usage, une étampe présentant deux saillies, dont l'une sert à former la gouttière et l'autre à amorcer le pan creux (fig. 102). La lame étant chauffée, le forgeur la place sur cette étampe, le dos appuyé contre un *accotoir* ou taquet destiné à diriger la lame et l'étampe de dessus, puis il place sur la lame cette dernière étampe, sur laquelle le compagnon frappe à coups de masse. Les pans creux sont terminés à l'aide de deux paires d'étampes sans accotoir, celles de la seconde paire servant à perfectionner le travail des premières.

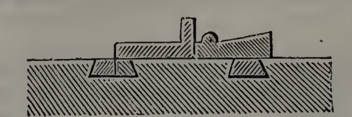
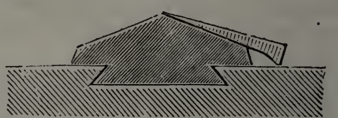



Fig. 102 et 103.

Faire les chanfreins du tranchant. — Le forgeur fait alors les chanfreins du tranchant. Cette opération constitue, à proprement parler, l'ébauchage du tranchant qui n'est terminé que par l'aiguisage. Il se sert, pour cette opération, d'un tas ou étampe à chanfriner, qui est fixé sur l'enclume et dont chaque face fait avec l'enclume un angle assez ouvert. La largeur de ces faces est telle que, le dos de la lame reposant sur l'enclume, le marteau ne puisse pas frapper l'étampe. Après avoir chauffé la lame au rouge, il applique sur l'une des faces du tas la partie de la lame destinée au tranchant, tandis que le dos repose sur l'enclume; puis, à l'aide du marteau, il amincit la partie de la lame qui est sur le tas, comme on le fait pour affier les faulx (fig. 103).

Dans l'opération du chanfrinage, l'arête tranchante non-seulement s'amincit, mais encore s'allonge sous le choc du marteau. Comme la longueur de l'arête n'éprouve aucune modification, il faut de toute nécessité que la lame prenne une courbure présentant sa convexité du côté de l'arête tranchante. L'ouvrier vérifie de temps en temps si la courbure obtenue par le chanfrinage est celle que doit présenter la lame. Il est guidé dans cet examen par une *forme à rebord,* demi-fourreau en tôle qui offre la courbure réglementaire de la lame, et dans lequel il place de temps à autre la lame de forge, pour voir si elle coïncide avec cette forme.

Si la courbure est trop faible, il frappe avec le marteau sur le dos, en tenant la lame dans une position inclinée, le tranchant en dessous. Si elle est trop forte, il place la lame le dos en dessous et frappe doucement sur le tranchant qui, présentant encore une certaine épaisseur, n'est pas sensiblement détérioré par cette opération. Il n'est pas besoin d'ajouter que l'on doit faire toutes ces rectifications lorsque la lame est encore suffisamment chaude.

Si la lame présente deux tranchants, auquel cas elle doit être droite, chacune des arêtes s'allongera également par l'effet du chanfrinage, et il n'y aura pas lieu de la redresser. On donne à la lame de forge des dimensions un peu trop fortes, afin de pouvoir ensuite, par un travail à froid, enlever les imperfections qu'elle peut présenter à la surface et l'amener à ses dimensions précises. Le métal en excès est enlevé par le frottement d'une meule en grès, comme pour les canons de fusil, et l'opération reçoit le nom d'*aiguisage.*

L'aiguisage doit être précédé de la trempe; des lames non trempées n'offriraient pas assez de rigidité pour résister sans fléchir à la pression que l'aiguiseur doit exercer sur elles pour faire mordre la meule, ni assez d'élasticité pour revenir spontanément à leur forme première; elles se courberaient sous la pression et ne pourraient par conséquent être appuyées sur la meule uniquement par le point qu'on voudrait entamer, de sorte que l'aiguisage les mettrait

presque toujours hors de service. Il est bien vrai que l'aiguisage, en échauffant la lame, la détrempe en partie, et qu'il faut l'envoyer une seconde fois au trempeur; mais cet inconvénient ne peut être évité, et l'on est forcé de suivre l'ordre que nous indiquons.

Recuit avant la trempe. — Avant de tremper la lame, il faut la soumettre à un recuit, qu'on appelle *recuit avant la trempe.* Pendant le travail de la forge, la lame a été martelée à des températures plus ou moins élevées; elle a été plus ou moins fortement écrouie en ses différents points; par suite, le métal est loin d'être homogène. Si on la trempait dans cet état, ses différentes parties se dilateraient inégalement par l'effet de la trempe, et il se produirait inévitablement des criques qui mettraient la lame hors de service. On lui rend son homogénéité première en la soumettant à un recuit, c'est-à-dire en la chauffant au rouge et l'abandonnant ensuite à un refroidissement lent.

Pour ce premier recuit, on chauffe la lame jusqu'au rouge cerise. On profite de la chaleur donnée à la lame pour la redresser à l'aide de *dressoirs à fourche.* L'ouvrier tient la lame par la soie à l'aide d'une pince, l'assujettit dans l'un des dressoirs fixé sur le billot de l'enclume, et se sert de l'autre dressoir comme d'une pince pour dégauchir la lame, en la tordant plus ou moins dans l'un ou l'autre sens. Si la lame n'est pas courbée convenablement, il la ramène à la courbure réglementaire en frappant sur le dos ou sur le tranchant avec un marteau. Lorsque, par l'effet du recuit, le métal a retrouvé son homogénéité, on procède à la trempe de la lame.

Définition de la trempe. — Tremper une lame en acier, c'est, on le sait, porter cette lame à la chaleur rouge, puis la refroidir brusquement en la plongeant dans un liquide. Cette opération modifie d'une manière notable plusieurs des propriétés du métal, mais surtout sa dureté, sa ténacité et son élasticité. Les modifications apportées par la trempe à ces propriétés varient avec l'homogénéité du métal et son degré de carburation; elles sont d'autant plus prononcées que l'acier est plus homogène et plus carburé. Pour un même métal, elles varient notablement avec la force ou l'énergie de la trempe.

Energie de la trempe. — On dit que la trempe est forte lorsque le métal est fortement chauffé et qu'il est refroidi d'une manière rapide. La force ou l'énergie de la trempe est d'autant plus grande que le métal a été porté à une température plus élevée et qu'il a été soumis à un refroidissement plus rapide. L'ouvrier ne peut faire varier qu'entre des limites assez resserrées la température à laquelle doit être portée la lame. D'un côté, pour que la trempe soit suffisante, il faut chauffer le métal au moins au rouge cerise; de l'autre, on ne doit pas dépasser la température du rouge rose, car l'acier perdrait alors une partie de son carbone, et par suite sa qualité serait altérée. La température du rouge cerise et celle du rouge rose sont si voisines, que l'ouvrier a peu de atitude sur ce point et ne peut guère compter sur cette circonstance pour modifier l'énergie de la trempe.

La cause sur laquelle il peut agir le plus facilement, c'est la vitesse du refroidissement, vitesse qui exerce une grande influence sur l'énergie de la trempe, et que l'on peut faire varier de différentes manières. Habituellement on trempe les objets en acier en les plongeant, au sortir de la forge, dans l'eau ordinaire ou dans de l'eau salée ou acidulée qui, conduisant mieux le calorique, refroidit plus rapidement les objets qu'on y plonge, et par suite donne une trempe plus énergique. L'emploi de l'eau distillée donnerait au contraire une trempe moins forte que l'eau ordinaire. Les corps gras comme l'huile sont mauvais conducteurs du calorique et donnent par suite des trempes très-faibles. Si l'on voulait, au con-

traire, une trempe excessivement forte, on emploierait le mercure, qui est un excellent conducteur du calorique, et par conséquent refroidit très-promptement les objets qu'on plonge dans sa masse.

Effets produits par la trempe. — La ténacité de l'acier, déjà si considérable avant la trempe, augmente encore par une trempe très-faible. C'est pour ce motif qu'on donne aux cuirasses une trempe très-faible, une trempe à l'huile. A partir de cette trempe faible, la ténacité diminue rapidement à mesure que la trempe devient plus forte, et finit par devenir presque nulle. Une lame de sabre, trempée au mercure, se brise comme du verre.

L'élasticité, presque nulle avant la trempe, augmente d'abord rapidement jusqu'à un certain degré de trempe, notablement plus élevé que celui qui donne le maximum de ténacité. Si la trempe devient plus forte, l'élasticité diminue rapidement, parce que la ténacité devenant très-faible, la lame se rompt par une légère flexion.

Enfin, la dureté augmente certainement avec le degré de la trempe, et son maximum correspond à la trempe la plus forte que l'on puisse produire.

Pour permettre d'embrasser d'un coup d'œil la manière dont ces trois propriétés varient avec l'énergie de la trempe, on construit souvent des courbes

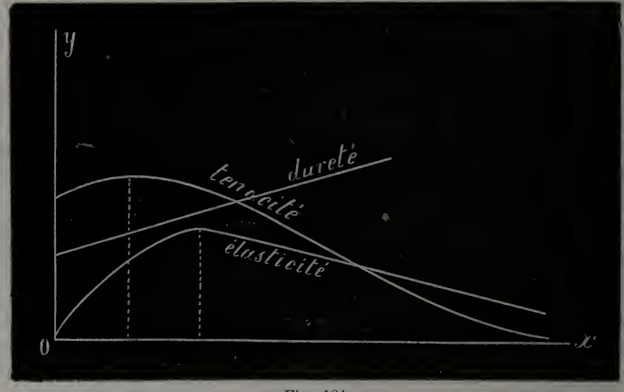


Fig. 104.

analogues aux courbes si connues de la solubilité des sels. Après avoir tracé deux axes rectangulaires, on prend pour abscisses des longueurs d'autant plus grandes que la trempe est plus forte, et pour ordonnées des hauteurs d'autant plus hautes que la propriété considérée est plus développée. On obtient ainsi des courbes semblables à celles qui sont figurées ci-dessous. Ces courbes ne doivent d'ailleurs être considérées que comme un moyen mnémonique de se rappeler comment varient les propriétés physiques du métal quand on fait varier l'énergie de la trempe (fig. 104).

Tremper la lame. — Pour les lames de sabre, une trempe ordinaire suffit. On se contente par suite de les porter au rouge cerise et de les plonger dans l'eau ordinaire. Cette opération, très-simple en théorie, est très-délicate dans la pratique et réclame des ouvriers intelligents et exercés. Il n'est pas aisé d'apprécier d'avance le degré de chaleur auquel on doit de préférence élever l'acier pour lui donner une trempe qui convienne bien à sa nature. D'un autre côté, bien que la couleur que prend le métal lorsqu'on le chauffe soit un indice de la température à laquelle il est amené, il est assez difficile de voir si l'on a atteint

précisément le degré de chaleur que l'on désire. Le trempeur, pour réussir, doit posséder une grande habitude de ce genre de travail et connaître parfaitement l'acier sur lequel il opère. Le feu de forge est allumé au charbon de bois parce que ce combustible fournit une chaleur plus douce et plus égale que la houille et qu'il ne tache pas l'acier comme celle-ci.

Le maître trempeur prend la lame par la soie à l'aide d'une pince et place cette lame à plat dans le feu de forge. Il ne chauffe d'abord que le talon, qui est la partie la plus épaisse de la lame. Lorsque le talon est au rouge, il tire peu à peu la lame vers lui pour chauffer la partie antérieure. De temps en temps, il repousse le talon dans le feu pour l'empêcher de refroidir. Lorsque la lame entière commence à devenir rouge, il lui imprime un mouvement de va et vient dans le foyer, d'autant plus rapide que le feu est plus vif et qu'elle-même est plus mince, afin de la chauffer bien également en toutes ses parties. Ce mouvement de va-et-vient a aussi pour but d'empêcher le charbon de s'attacher à l'acier et de le brûler. Pour empêcher les parties les plus minces, c'est-à-dire le tranchant et le biseau, de trop s'échauffer, l'ouvrier de temps en temps les passe rapidement sur des battitures mouillées.

Lorsque la lame est chauffée à *cœur*, c'est-à-dire lorsque les molécules de la partie centrale ont été portées à la même température (celle du rouge cerise) que celles de la surface, le trempeur la retire du feu en la soutenant par le milieu avec une tige de fer, et il la plonge rapidement dans l'eau que contient la cuve à tremper. Il introduit la lame dans l'eau par le dos et par la soie, presque horizontalement, mais cependant la pointe un peu plus élevée que le talon. Nous allons indiquer pour quelle raison l'on doit opérer ainsi.

La lame ayant été portée au rouge cerise, toutes ses parties ont éprouvé une notable dilatation. Si l'on plongeait dans l'eau la pointe et le tranchant de la lame en même temps que le dos et le talon, les parties les plus minces se refroidiraient plus facilement que les parties plus épaisses. Les parties les plus minces n'auraient pour ainsi dire pas le temps de se contracter et n'éprouveraient presque pas de retrait, tandis que les parties épaisses, se refroidissant plus lentement, éprouveraient un retrait prononcé. Il y aurait donc nécessairement disjonction entre les parties de la lame; en d'autres termes, il se produirait des criques. En plongeant dans l'eau d'abord la partie épaisse, le refroidissement des parties minces est moins brusque et les criques ne se produisent pas. L'intervalle de temps qui s'écoule entre le moment où le talon est plongé dans la cuve et celui où le tranchant et la pointe y plongent à leur tour, est presque inappréciable; mais l'expérience montre qu'il suffit pour donner un résultat satisfaisant, que l'on n'obtient pas en agissant autrement.

Recuit après la trempe. — Après la trempe, la lame présente une grande dureté, mais sa ténacité est très-faible. Si le trempeur la laissait tomber de sa hauteur sur le pavé, elle se briserait. Pour lui restituer, en partie du moins, sa ténacité première, on la soumet à un recuit qui constitue le *recuit après la trempe.* Pour ce dernier recuit il ne faut pas, comme on l'a fait pour le recuit avant la trempe, chauffer le métal jusqu'au rouge; en agissant ainsi, l'effet de la trempe serait complétement détruit. Il faut, pour obtenir le résultat désiré, rester notablement au-dessous de la chaleur rouge.

Le succès de l'opération dépend de la température à laquelle on porte le métal. Il importe donc d'abord de savoir si le recuit doit être plus ou moins fort, ou, en d'autres termes, si l'on doit porter le métal à une température plus ou moins voisine du rouge, et en second lieu de pouvoir apprécier l'instant où le métal est chauffé à la température voulue. L'acier, lorsqu'on le trempe, *découvre*, c'est-à-dire se dépouille plus ou moins complétement de la pellicule

noirâtre d'oxyde de fer qui le recouvre, et il découvre d'autant mieux que la trempe est plus forte (1). L'aspect que présente l'acier en sortant de la cuve à tremper permet donc d'apprécier l'énergie de la trempe. Le recuit devra être d'autant plus fort que la trempe a été plus énergique ou que l'acier découvre mieux.

L'ouvrier connaît donc ainsi la température à laquelle il devra porter la lame à recuire. Il appréciera cette température par les couleurs que le métal prendra successivement dans le foyer ou, comme on dit, par les couleurs du recuit. On sait que ces couleurs sont, suivant l'ordre croissant des températures : le jaune-paille, l'orange, le pourpre, le gorge de pigeon, le violet et le bleu. L'ouvrier reconnaît donc à la couleur de la lame le moment où il doit la retirer du feu pour l'abandonner à un refroidissement lent. Pour les lames de sabre, on doit chauffer les lames jusqu'au bleu ou, comme on dit, recuire au bleu.

Lorsque l'acier a peu ou point découvert, il devient presque impossible d'apprécier la température par la couleur du métal. Les ouvriers emploient alors, pour estimer cette température, des moyens en quelque sorte mécaniques. Ils laissent tomber une goutte d'huile sur la lame ou bien ils passent rapidement sur elle un morceau de corne ou un corps gras, et ils jugent du degré de chaleur par la quantité de vapeurs qui se dégagent et par la rapidité avec laquelle ce dégagement s'accomplit. Ils apprécient aussi quelquefois le degré de chaleur par l'odeur plus ou moins forte que développe un morceau de corne frotté vivement contre le métal. Le trempeur profite de la chaleur qu'exige le recuit pour redresser la lame, qui a été plus ou moins voilée par la trempe. Cette opération se fait au marteau et sur l'enclume, ou bien à l'aide de dressoirs, ainsi qu'on l'a vu plus haut.

Recuit de la soie. — La soie ayant des dimensions très-faibles, doit, pour offrir une ténacité suffisante, être totalement détrempée. En conséquence, le trempeur, après avoir donné à la lame entière un recuit convenable, repasse au feu la soie pour lui donner un recuit au rouge, en ayant soin de ne pas étendre la chaude jusqu'au talon, et il la laisse refroidir à l'air libre afin qu'elle puisse recouvrer dans toute son intégrité sa ténacité première.

Aiguisage. — Les lames, après avoir été trempées et recuites, sont aiguisées, c'est-à-dire soumises à l'action de meules dont le frottement les use et les amène aux dimensions réglementaires. Ces meules sont en grès, comme celles qui servent à l'émoulage des canons; comme ces dernières, elles sont entretenues dans un état constant d'humidité, pour atténuer les effets pernicieux de la poussière siliceuse qui s'en détache pendant le travail, et aussi pour s'opposer à une trop grande élévation de température, qui donnerait aux lames une sorte de recuit. Comme l'échauffement des lames est néanmoins encore considérable, l'aiguiseur les plonge de temps en temps dans une auge pleine d'eau courante.

On emploie dans cette opération deux espèces de meules qui diffèrent tant par leurs formes que par leurs dimensions.

Les grandes *meules* ou *meules planes*, présentent une surface unie, sur laquelle la lame à aiguiser peut être appliquée parallèlement aux génératrices. L'ouvrier se sert de ces meules pour aiguiser le dos et les arêtes des lames, afin d'amener ces lames à leur épaisseur réglementaire, et pour aiguiser les chanfreins et le biseau. Il aiguise les lames d'abord en travers, puis en long.

(1) Par l'effet de la trempe, les dimensions transversales de la lame d'acier sont sensiblement augmentées. L'oxyde de fer qui la recouvre, n'éprouvant par la trempe aucune modification, doit, par suite de cette dilatation, se fissurer de toutes parts et se détacher de la lame.

Les *meules moyennes*, appelées aussi *meules cannelées*, présentent sur leur pourtour plusieurs cannelures, dont les axes sont situés dans des plans parallèles aux faces des meules, et dont les profils affectent diverses formes pour que l'on puisse terminer les parties creuses des lames. Pour aiguiser les évidements, l'ouvrier appuie la lame en long sur une des parties saillantes de la meule situées entre deux cannelures, de manière à blanchir tous les points que la grande meule n'a pu atteindre. Il vérifie souvent les épaisseurs au fond des pans creux à l'aide d'un compas d'épaisseur, et pèse de temps en temps la lame pour voir combien il lui reste de métal à enlever. De temps à autre, il fait fléchir la lame pour s'assurer qu'elle se courbe régulièrement, et par suite qu'il enlève uniformément le métal sur toute la longueur de la lame.

Repassage. — Bien que les meules soient mouillées pendant l'aiguisage, les lames se détrempent en partie durant cette opération et deviennent plus ou moins faussantes.

Pour corriger ce défaut, on est obligé de renvoyer les lames au trempeur, qui apprécie leur élasticité et leur donne une trempe plus ou moins forte, selon qu'elles sont plus ou moins faussantes. La température à laquelle on doit chauffer le métal pour cette trempe varie, suivant les cas, depuis le bleu jusqu'au rouge sombre. Presque toujours cependant on ne chauffe pas au-delà du bleu. C'est ce qu'on appelle *repasser* la lame. L'aiguiseur reprend les lames chez le trempeur; il les aiguise de nouveau sur les meules cannelées, pour les blanchir, pour enlever la couleur du recuit et pour les amener à leurs dimensions réglementaires. Lorsque l'aiguisage est terminé, il polit à l'émeri le dos de la lame près du talon sur une longueur de $0^m,10$, puis il la porte chez le graveur.

Gravure. — Ce dernier grave, sur la partie du dos qui touche le talon, le nom de la manufacture, le mois et l'année de leur fabrication. Le procédé que l'on emploie est le procédé bien connu que l'on désigne par le nom de *gravure à l'eau forte*. La gravure doit précéder le polissage, afin que cette dernière opération puisse enlever les bavures produites par la gravure et que les lettres soient bien nettes.

Polissage. — Le polissage a pour but d'enlever les traits de meules laissés par le dernier aiguisage. Il s'exécute sur des meules en bois de chêne ou de noyer, que l'on appelle *polissoires*. Celles qui doivent agir sur les parties non évidées des lames sont planes; celles qui doivent pénétrer dans les évidements sont cannelées. Les unes et les autres sont destinées à polir en long. Dans une première opération, les polissoires sont huilées et les lames sont couvertes d'encre délayée dans l'huile de lin ou de navette. On repasse ensuite les différentes parties sur la meule sans y mettre d'encre.

Brunissage. — Pour donner aux lames le brillant sombre que l'on admire dans les ouvrages en acier, pour les *brunir*, on emploie des polissoires en bois dur sur lequel on a pressé du charbon de bois dans le but d'y incruster une certaine quantité de poussière de charbon et que l'on a polies ensuite avec une agathe ou un caillou dur. Le brunissage s'exécute de la même façon que le polissage.

Réception. — La lame de sabre terminée est soumise à la visite d'un contrôleur. Celui-ci pèse d'abord les lames, sur le poids desquelles le réglement admet une tolérance en plus ou moins de 10 grammes. Il passe ensuite les lames au *fourreau-calibre*, demi-fourreau ayant exactement les dimensions de la lame type afin de savoir si elles sont bien aux dimensions réglementaires. Les lames qui se sont bien comportées à cette visite subissent trois épreuves.

A Châtellerault, la première consiste à faire prendre à la lame, successivement sur chaque face, mais lentement, une courbure dont la flèche est déterminée par le règlement pour chaque modèle de sabre. Pour les sabres de cavalerie, le contrôleur fait usage d'une boîte rectangulaire ABCD en bois, (fig. 105) dont les dimensions varient avec le modèle de la lame. Cette boîte est disposée de façon que sa grande dimension soit verticale. Le bout inférieur de la boîte porte une rainure A, dans laquelle on engage la pointe de la lame, tandis que le talon repose sur le bout supérieur de la boîte. Le contrôleur agit d'une main sur la soie, de l'autre sur le talon, pour courber la lame sans à coup, jusqu'à ce qu'elle touche par son plat le fond de la boîte.

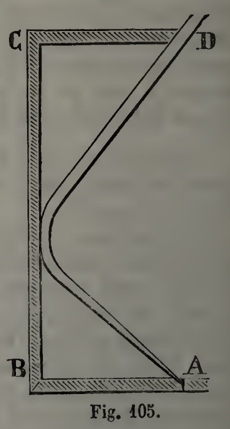
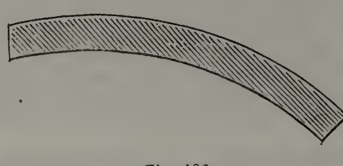


Fig. 105.

Cette opération se fait sur les deux faces de la lame, qui, après chaque ploiement, doit se redresser parfaitement. La seconde épreuve consiste à faire ployer la lame d'une quantité un peu plus faible que dans la première épreuve, mais par un mouvement brusque. A cet effet on fouette du plat de la lame sur une jante en bois dur (fig. 106), qui offre en dessus une courbure convexe un peu inférieure à celle que prend la lame dans l'épreuve précédente, de manière que la lame, en se courbant sur la jante, s'applique sur elle dans toute sa longueur. L'épreuve se fait deux fois sur chaque face; on examine après chaque coup si la lame n'est pas faussée.

Ces deux épreuves ont pour but de constater l'élasticité des lames et de manifester des défauts qui auraient pu échapper à la première visite. La troisième épreuve, plus forte que les deux premières, a pour but de faire ouvrir les criques, et quelquefois même de briser les lames qui ont des défauts. Elle consiste à frapper la lame avec force, d'abord par le dos, puis par le tranchant, sur un bloc, ou demi-cylindre, en bois très-dur, disposé horizontalement. Le coup donné avec le tranchant doit être moins fort que celui qui est donné avec le dos.


Fig. 106.

A Tolède, la première épreuve est dite de la *muletilla* ou *almohadilla*; elle consiste à forcer la lame sur un coussin (almohadilla) fixé à un support droit, la courbant dès la garde par ses deux côtés. Dans la seconde, dite du *plomb*, on prend l'épée par la garde, avec la main droite; on appuie la pointe sur une planche en plomb fixée en terre, et on la force à prendre une courbure voisine du demi-cercle, la courbure étant d'autant plus prononcée que la lame est plus mince. La troisième enfin, dite du *casque*, consiste à donner trois forts coups d'épée sur une masse d'acier représentant un casque et fixée sur des coussins de laine à une hauteur telle que le coup soit donné quand l'épée arrive à la position horizontale.]

Après les épreuves, le contrôleur achève la visite des lames, pour reconnaître les défauts, tels que criques, pailles, doublures, etc., que l'aiguisage et les épreuves ont pu faire découvrir. Les lames peuvent alors être livrées aux *monteurs*, ouvriers chargés d'y adapter la monture. La fabrication de celle-ci et des fourreaux présente peu d'intérêt.

A. DE LOYETTE.

QUATRIÈME PARTIE

ARMES A FEU PORTATIVES

ARMES DE GUERRE

Résumé historique. — Jetons un rapide coup d'œil sur l'histoire des armes à feu portatives. C'est seulement au commencement du XVIe siècle que l'arquebuse paraît sur le champ de bataille. La lumière, au lieu d'être située au-dessus du canon et d'être seulement un trou, est reportée sur le côté et surmontée d'un bassinet fermé destiné à recouvrir la poudre d'amorce. En outre, un mécanisme spécial est disposé pour mettre le feu. Ce mécanisme se compose d'une pince qui porte la mèche et qui se rabat à l'aide d'une détente. L'arme laissait encore beaucoup à désirer. Le coup chargé et amorcé, il fallait, au moment de faire feu, relever le couvercle du bassinet, donner la longueur nécessaire à la mèche, souffler dessus pour ranimer le feu, enfin ajuster et presser sur la détente. La platine à rouet fut un premier perfectionnement. Inventée vers 1517 en Allemagne, elle était compliquée et coûteuse et fut toujours d'un usage restreint. Elle se compose d'un silex maintenu par un ressort en contact avec une roue d'acier cannelée qu'un mécanisme fait tourner rapidement. Les étincelles ainsi obtenues mettaient le feu à la poudre d'amorce contenue dans le bassinet. Le mousquet d'un calibre plus fort que l'arquebuse se tirait appuyé sur une fourche. Vers 1630-1640 apparut la platine à fusil. Le morceau de silex est saisi entre deux mâchoires (d'où le nom de chien) et vient frapper une plaque d'acier fixée au couvre-bassinet. L'amorce reste ainsi préservée jusqu'au moment où le chien, frappant le couvre-bassinet, le soulève et fait jaillir les étincelles qui mettent le feu. Les premiers essais de cette platine n'inspirèrent pas une énorme confiance, car on voit les armes de ce temps munies souvent d'un second système à mèche, pour le cas où le premier ne mettrait pas le feu. Le fusil, devenu par l'adjonction de la baïonnette, à la fois arme à feu et arme blanche fut à partir de la fin du XVIIe siècle la seule arme de l'infanterie. Aucun perfectionnement important ne vint modifier l'armement jusqu'en 1825 environ où l'on réussit à construire une platine avec laquelle le feu était mis à la charge par l'explosion d'une petite quantité de poudre fulminante détonant par le choc. Une commission fut nommée en 1826 pour rechercher les meilleures amorces fulminantes et le procédé le plus approprié à leur emploi. La platine à percussion introduite dans les armes de guerre constitua le le fusil qui avec l'adjonction de rayures est resté en usage jusque vers 1866.

Comme exemple de l'ancienneté des rayures, on cite une *arquebuse buttière* rayée employée dans un tir à la cible à Leipzig en 1498. Ce système ne se généralisa cependant pas, malgré les nombreux essais tentés dans cette voie. Signalons en outre, les tirailleurs autrichiens armés en 1787 d'une carabine à 2 canons, un lisse et un rayé. C'est aussi à cette époque que l'on voit apparaître le fusil à vent.

En 1826 seulement, le capitaine Delvigne imagina un mode de forcement pratique de la balle. La chambre à poudre, d'un diamètre plus petit que le canon proprement dit, offrait un point d'appui à la balle, qu'on aplatissait par quelques coups de baguette. La carabine à tige fût une autre solution du problème. Une tige occupait le milieu de la chambre, la poudre se répartissait dans l'espace annulaire ainsi formé. L'extrémité de cette tige donnait un point d'appui pour forcer la balle. Des expériences méthodiques faites avec ces armes permirent d'étudier l'influence des rayures et donnèrent lieu à la carabine des chasseurs de Vincennes. Enfin, on imagina la balle à culot et la balle évidée avec lesquelles le forcement est produit par la poudre elle-même. Telles sont les phases successives par lesquelles ont passé les armes à feu portatives avant d'arriver au fusil qui il y a vingt ans armait toutes les armées européennes.



Fig. 107.

Comme les canons, les fusils anciens étaient souvent chargés d'ornements. Ces décorations, quelquefois d'un effet agréable et d'un travail gracieux et fini, étaient soit des incrustations, soit des gravures, soit des ciselures; l'or et l'argent étaient aussi employés pour rehausser les motifs principaux de l'ornementation. Le Musée d'artillerie aux Invalides, offre une très-complète collection d'armes anciennes; une visite dans ce musée est à la fois instructive et intéressante. Comme exemple d'armes ornées, la figure ci-dessus (fig. 107) montre un mousquet à mèche ayant appartenu au cardinal de Richelieu. Un autre exemple de luxe dans les armes est ce fusil en or qui existait en 1700 à l'arsenal de Florence; on lui attribuait des propriétés fantastiques, entre autres celle de porter une fois plus loin que les fusils dont les canons étaient en fer.

FUSILS.

I. — **Etat de la question en 1867.** — Lorsque pendant un certain nombre d'années aucune grande innovation ne vient s'introduire dans l'armement des armées, le genre de fusil en usage est nécessairement étudié à fond. Les systèmes mis en service dans les différentes nations subissent, outre les expériences du temps de paix, les rudes épreuves de campagnes longues et nombreuses. De toutes ces études se dégage une arme type qui, vu l'état actuel des connaissances, réalise au plus haut degré possible les desiderata des hommes compétents. Dès lors ce type s'impose, pour ainsi dire, à tout le monde; les questions d'amour-propre s'effacent devant un intérêt de premier ordre; toutes les nations adoptent le modèle reconnu le meilleur et en arment leurs troupes. Telles étaient, vers le milieu de ce siècle, les conditions pour le fusil lisse se chargeant par la bouche. A peu de chose près, toutes les armées avaient le même fusil : même système de mise de feu, même calibre, même cartouche, même poids et même longueur de l'arme. Au point de vue de la portée et de la justesse, toutes ces armes étaient identiques.

L'adoption de la rayure fut le dernier progrès du fusil à baguette; il n'avait plus qu'à disparaître.

Une seule puissance avait quitté les sentiers battus et s'était jetée hardiment dans une voie nouvelle : cette puissance était la Prusse. Depuis longtemps déjà (1841), ne se laissant arrêter par aucune des objections de principe que soulevaient parmi les gens du métier les armes se chargeant par la culasse, cet Etat avait adopté un fusil sortant complétement du type admis par le reste de l'Europe. Ce n'était pas que l'arme nouvelle réalisât, à beaucoup près, toutes les conditions que doit remplir une bonne arme de guerre; mais on pensa que, malgré tous ses défauts, le fusil Dreyse était encore préférable au fusil à baguette. L'expérience de la guerre de 1866 parut donner raison à cette manière de voir, et, après Sadowa, l'opinion publique en Europe fut unanime à considérer le fusil à aiguille comme la cause prédominante des succès de la Prusse. Cette opinion, quoique très-exagérée, fit loi dans le public. De là à réclamer un armement analogue pour les armées nationales, il n'y avait qu'un pas; il fut rapidement franchi, et, en quelques années, l'armement de toutes les armées s'est trouvé complétement modifié.

Plusieurs gouvernements n'avaient pas attendu ce moment pour faire étudier la question, mais ils n'avaient pas encore trouvé une arme qui réunit toutes les conditions demandées. Poussés par les exigences de l'opinion, chacun d'eux néanmoins se hâta de choisir parmi les armes mises en essai et d'adopter celle qui lui parut remplir les conditions essentielles d'un service de guerre. L'Exposition de 1867 s'ouvrit juste au moment où s'opérait cette transformation radicale de l'armement. Aussi les armes de guerre se chargeant par la culasse furent-elles largement représentées à cette Exposition. On peut trouver leur nomenclature et leur description dans les *Etudes sur l'Exposition de* 1867 dont les *Etudes sur l'Exposition de* 1878 sont la suite naturelle. De très-nombreux systèmes pour la transformation des armes existantes furent aussi proposés à cette époque. Quelques-uns ont été plus tard admis par certains États.

Pour juger des progrès obtenus depuis 1867, nous allons passer en revue les principales puissances et indiquer rapidement quel était à cette époque l'armement de chacune d'elles.

Fusil Snider-Enfield.

Angleterre. — Le système Snider est une imitation du système proposé en 1860 par des armuriers français, les frères Schneider. Le canon est vissé dans une boîte de culasse ouverte à sa partie supérieure sur une longueur suffisante pour permettre l'introduction de la cartouche. A l'arrière cette boîte reçoit l'ancienne culasse munie de sa queue; la partie vide est remplie pendant le tir par un bloc qui peut pivoter autour d'un axe parallèle au canon et situé sur la droite; une saillie fixée sur la gauche sert à le manœuvrer. L'ancienne batterie est conservée et le chien vient frapper sur une broche qui traverse obliquement le bloc de fermeture et débouche au centre du culot de la cartouche. Un ressort ramène cet espèce de percuteur à sa position primitive dès que le chien cesse d'agir. Ce système appliqué aux fusils d'Enfield, aux carabines Lancaster et Withworth formait l'armement anglais. La cartouche, genre *boxer*, était métallique avec inflammation centrale; le corps se composait de deux révolutions d'une bande de clinquant et d'une feuille de papier collée à l'extérieur. Un arrache-cartouche complétait l'arme anglaise.

Poids de la cartouche.	49g
Poids de la balle.	39g,50
Charge	4 ,50

Fusil Waenzl.

Autriche-Hongrie. — La transformation des armes existantes fut décidée au commencement de l'année 1867. Ce modèle proposé par un armurier de Vienne, M. Waenzl, fut adopté avec quelques modifications de détail. La partie arrière du tonnerre est évidée en dessus pour l'introduction de la cartouche; la culasse se meut autour d'une charnière transversale. L'ancienne platine est conservée.

Cartouche en cuivre à amorce périphérique :

Poids de la balle	30g
Charge	5

Fusil Albini.

Belgique. — La transformation que la Belgique a fait subir à ses armes en 1867 a dû être coûteuse. Le canon était remplacé complétement, le tonnerre de l'ancien canon était utilisé comme boîte de culasse, la culasse, comme celle du fusil Waenzl, tourne autour d'un axe transversal. Le choc du chien ne se transmet pas directement au percuteur, mais bien par l'intermédiaire d'un verrou, qui se sert de système de sûreté. La cartouche est métallique et à inflammation centrale; le canon étant neuf, on a pu réduire le calibre à 11 millimètres.

Poids de la balle	20g
Charge	5

Danemarck. — La transformation des armes danoises est, comme le fusil Snider, une imitation du système Schneider. Le percuteur frappe la cartouche vers son bord supérieur.

Cartouche en cuivre à amorce périphérique :

Cartouche en cuivre à amorce périphérique :

Poids	50g
Balle	40
Charge	4g,5

États Allemands. — Le fusil à aiguille prussien est trop connu pour que nous en fassions une description. Tous les États allemands avaient en 1867, soit le fusil Dreyse comme la Prusse, soit le fusil modifié par M. Rhode. Cette modification qui conservait la cartouche du fusil prussien avait apporté à cette arme un certain nombre de perfectionnements réels; entre autres, une diminution de poids, l'adjonction d'une rondelle obturatrice et la diminution de profondeur des rayures. Les cartouches sont en papier et la capsule est fixée vers l'avant de la charge au culot en carton qui porte la balle.

Poids de la balle	31
Charge	4g,50
Calibre	15m/m,3

France. — Le fusil Chassepot, dit modèle 1866, était exclusivement adopté pour l'armement de l'Infanterie et la fabrication était en pleine activité en 1867. Tout le monde connaît cette arme qui réunissait beaucoup des qualités que l'on recherche dans une arme de guerre. Nous verrons d'ailleurs plus loin comment elle a supporté les épreuves de la campagne. Elle est décrite en détail dans les

Etudes sur l'Exposition de 1867; nous nous bornerons donc à rappeler qu'elle avait un petit calibre (11 millimètres), et qu'elle employait une cartouche combustible en papier et gaze de soie. La capsule était fixée au centre de la partie postérieure de la cartouche. Le petit calibre a permis plus tard de transformer facilement les fusils modèle 1866 et de les amener à être à peu près identiques aux armes neuves modèle 1874.

Poids de la balle	25g
Charge	4g,5

Les anciens fusils existant avant 1866 ont été transformés pour servir d'armement de réserve. Le système dit à tabatière est analogue à celui du fusil Snider décrit plus haut, à propos de la transformation des armes anglaises. La cartouche est du genre Boxer, mais simplifiée. Il y en avait deux modèles : cartouche pour fusil, cartouche pour carabine.

	Cartouche pour fusil.	Cartouche pour carabine.
Poids total	48g	60g
Poids de la balle	36	48
Charge	4g,5	5

Italie. — Le système adopté par l'Italie porte le nom de système *Composta.* L'arme devient un fusil à aiguille analogue au fusil français. La cartouche est combustible et porte à l'arrière une rondelle en caoutchouc destinée à produire l'obturation. L'amorce placée au devant de la charge est portée par un sabot en carton.

Russie. — La Russie, au moment où elle appliqua la rayure à ses fusils (1857), fit un pas dans la voie du progrès en réduisant le calibre à 15 millimètres. Au mois de novembre 1866 elle fit un essai en grand d'une transformation suivant le système *Ferry-Norman.* Ce système est tout à fait analogue à celui de la carabine *Manceaux-Vieillard*, qui avait été présentée à la commission de Vincennes en 1859. Le mécanisme est à verrou, et lorsque l'arme est chargée le levier de manœuvre se rabat le long du canon. L'obturation est obtenue d'une façon insuffisante par la juxtaposition des pièces, comme dans le fusil prussien Dreyse. La cartouche porte, collé à sa partie postérieure, un culot en feutre qui aide à l'obturation. Cette cartouche est combustible; la capsule séparée se place sur une cheminée, et le chien vient la frapper directement. La platine du fusil se chargeant par la bouche, modèle 1857, a été conservée. Ce système présente des défauts nombreux, et une autre transformation fut décidée en novembre 1867, c'est la transformation *Karl-Zons.* Le fusil ainsi modifié devint un fusil à aiguille, tenant à la fois du fusil français et du fusil prussien. La cartouche était combustible et présentait les dispositions de la cartouche Chassepot. Cette transformation n'ayant duré que peu de temps et n'étant plus en service ne présente pas d'intérêt.

Suède et Norwége. — La Suède transforma ses armes dans le système *Peabody* légèrement modifié. Les cartouches étaient combustibles et à amorce périphérique (pl. XIII, fig. 8).

Suisse. — La Suisse adopta pour la transformation de ses armes le système *Milbank-Amsler.* Ce système présente beaucoup de ressemblance avec le système Albini et le système Waenzl; un bloc tournant autour d'une charnière transversale, ferme la culasse. Un coin à ressort relie le bloc à la boîte de culasse pendant le tir. La cartouche est en cuivre et à amorce périphérique.

Poids de la balle	20g
Charge	4g,5

Résumé. — Du rapide coup d'œil que nous venons de jeter sur les armes portatives composant l'armement des puissances en 1867, nous pouvons conclure que cette époque est essentiellement une époque de transition. Toutes les nations cherchent leur voie et la plupart, ne trouvant pas la question assez étudiée, reculent devant la dépense qu'entraînerait l'adoption prématurée d'un nouveau modèle de fusil et se contentent de transformer les armes qu'elles possèdent. Une autre considération très-importante les poussait aussi dans cette voie : celle du temps. La transformation bien comprise pouvait être faite rapidement, et elles n'étaient pas ainsi exposées à rester plusieurs années dans une situation périlleuse : celle d'une puissance qui ne peut mettre entre les mains de ses troupes qu'une arme justement dépréciée, en attendant que les arsenaux contiennent un assez grand nombre d'armes nouvelles pour que leur mise en service soit possible. Les modèles proposés par les inventeurs abondent. Beaucoup présentent des mécanismes ingénieux et de réelles qualités; très-peu cependant offrent un ensemble de dispositions satisfaisant complétement aux conditions que doit remplir une bonne arme de guerre.

II. — **État de l'armement en 1878.** — Nous allons maintenant décrire l'armement actuel des principales puissances. Nous rencontrerons peu d'idées complétement nouvelles; mais beaucoup de perfectionnements de détail ont rendu acceptables, et même quelquefois excellentes, des armes qui, sous leur première forme, laissaient beaucoup à désirer. Nous verrons comment les leçons de l'expérience ont amené, peu à peu, les armes de guerre se chargeant par la culasse à un degré de perfection qui ne comporte plus que des progrès secondaires, au moins pour ce qui concerne le tir. Nous aurons la preuve de cette assertion en constatant chez tous lespeuples, l'unité presque complète de l'armement au point de vue balistique. Quant au mécanisme, nous verrons quels enseignements on peut tirer de l'étude des armes adoptées par les divers États de l'Europe.

Allemagne. — Les nombreux défauts du fusil Dreyse devinrent plus évidents au fur et à mesure que la question des armes de guerre se chargeant par la culasse fut plus étudiée. Des expériences étaient entreprises en Prusse pour l'établissement d'une arme nouvelle quand éclata la guerre de 1870. Reprises après la paix, elles ont donné naissance à un fusil de petit calibre, tirant une cartouche métallique, et connu sous le nom de fusil *Mauser*; sa dénomination officielle est fusil modèle 1871.

Fusil modèle 1871 *(Planche XII, fig. 6 et 7).*

Le fusil prussien est une arme à verrou; un sabre-baïonnette peut se fixer au canon.

Longueur de fusil	1m,35
Longueur du fusil avec sabre-baïonnette	1m,82
Poids du fusil	4k,400
Poids du fusil avec sabre-baïonnette	5k,100
Poids du sabre-baïonnette avec fourreau en cuir	0k,900

Le *canon* en acier fondu est vissé dans la boite de culasse. Le calibre est de 11 millimètres; les quatre rayures ont un pas de 0m,55 et une profondeur de

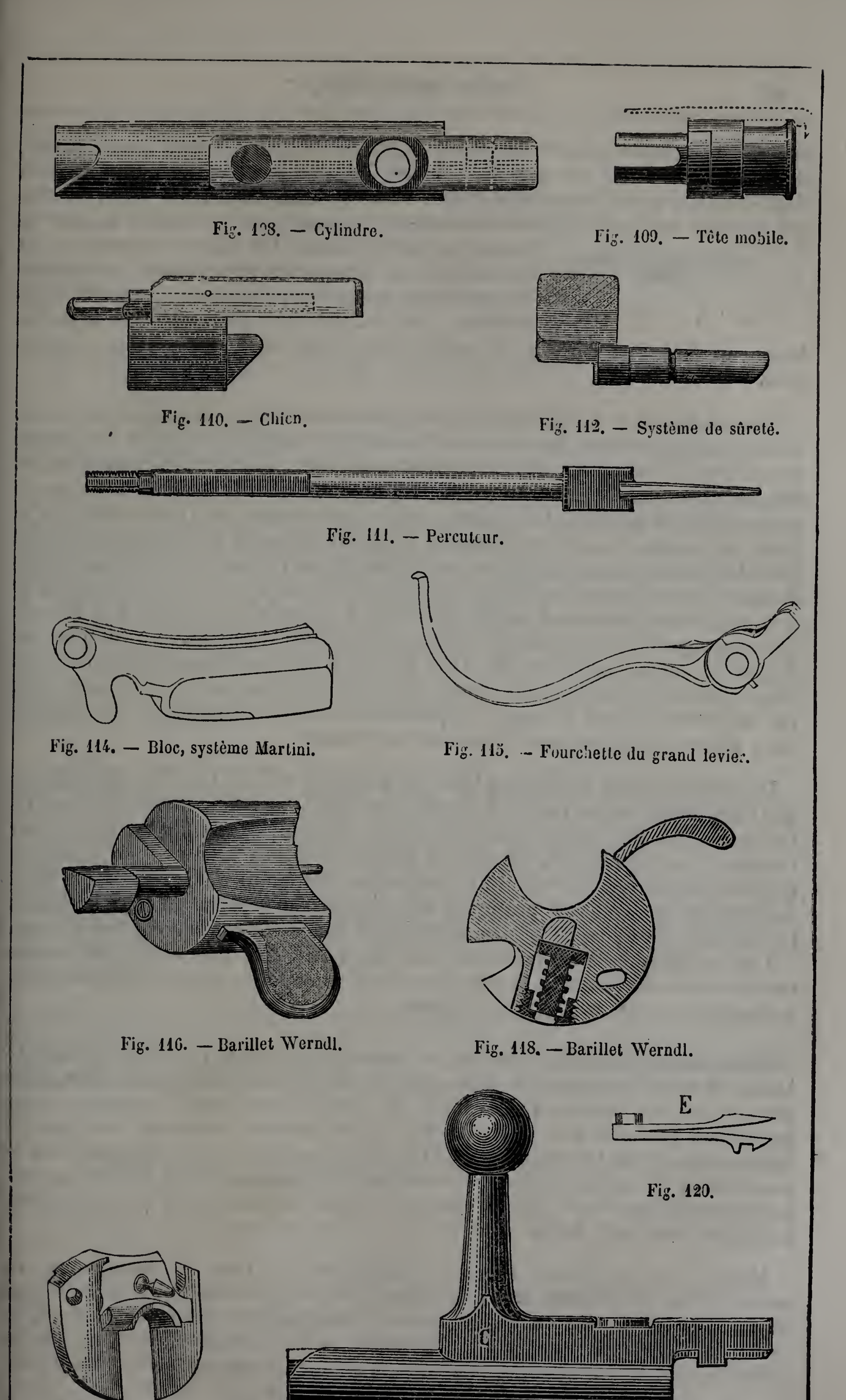


Fig. 108. — Cylindre.

Fig. 109. — Tête mobile.

Fig. 110. — Chien.

Fig. 112. — Système de sûreté.

Fig. 111. — Percuteur.

Fig. 114. — Bloc, système Martini.

Fig. 115. — Fourchette du grand levier.

Fig. 116. — Barillet Werndl.

Fig. 118. — Barillet Werndl.

Fig. 120.

Fig. 117.

Fig. 119.

$0^{mm},4$. Les cloisons et les rayures ont la même largeur. Comme particularité, il faut citer le tenon du sabre-baïonnette qui n'est pas fixé au canon, mais à l'embouchoir. La *boîte de culasse* offre, vers sa partie postérieure, deux oreilles qui arrêtent une rondelle fixée au cylindre et empêchent la culasse mobile de sortir de son logement. L'avant de l'échancrure et le sommet du rempart sont arrondis; le cylindre ne peut donc tourner sans avancer ou reculer légèrement. Une rainure est pratiquée sur toute la longueur dans l'intérieur de la paroi gauche pour le mouvement de l'extracteur.


Fig. 113. — Extracteur.

Culasse mobile. — Le *cylindre* (fig. 108) porte un renfort et le levier de manœuvre. Sur le renfort est fixée par une vis la rondelle qui vient buter contre les oreilles de la boîte; un tenon fixé sous le renfort sert à relier la tête mobile au cylindre, seulement pendant le mouvement d'aller et de retour; il l'abandonne dans le mouvement de rotation. Le renfort a juste la longueur de l'échancrure de la boîte de culasse. Le cylindre contient le ressort à boudin et est traversé par le percuteur. Sur sa tranche arrière, on remarque deux entailles : l'une demi-cylindrique n'enlève qu'une partie de la paroi; l'autre qui intéresse toute l'épaisseur a sa face droite inclinée et taillée en hélice; à l'opposé du renfort une rainure livre passage au bec de gâchette. Le *percuteur* (fig. 111) est facile à comprendre d'après le dessin. Le *chien* (fig. 110) porte un coin correspondant à l'entaille hélicoïdale du cylindre et un renfort qui contient le mécanisme de sûreté. Une vis qui déborde dans le canal s'appuie sur le méplat du percuteur et rend les deux pièces solidaires dans le sens de la rotation.

Le *bouton-verrou* se visse au bout du percuteur et relie les différentes parties par l'intermédiaire du ressort à boudin. Un ergot l'empêche de se dévisser. La *tête mobile* (fig. 109) s'engage en partie dans le cylindre; cette queue est fendue pour recevoir la partie plate du percuteur; elle ne peut pas tourner. Une rainure à queue d'aronde reçoit le talon de l'extracteur; un tenon vient rencontrer celui du cylindre. A l'avant est pratiquée une gorge pour la sortie des gaz, au cas où la cartouche n'obturerait pas complétement. La *détente* est celle du fusil Dreyse.

Tout ce mécanisme se démonte sans tourne-vis, une fois la culasse mobile sortie de la boîte. Si même la tête de la vis de rondelle arrêtoir a des dimensions suffisantes on peut la dévisser à la main.

Manœuvre. *Ouvrir le tonnerre.* — Supposons le coup parti; en relevant le levier, le cylindre tourne; le chien, qui ne peut tourner, est poussé en arrière par son coin qui monte sur la rampe de l'entaille; en outre, le renfort, s'appuyant sur l'arrondi de la boîte de culasse, fait reculer l'ensemble. Le chien se dégage ainsi de la tête de gâchette. L'étui vide entraîné par l'extracteur suit le mouvement de tout le système. En retirant la culasse mobile en arrière, on dégage complétement cet étui du canon; un léger mouvement de la main gauche la rejette hors de la boîte.

Mettre une cartouche. Fermer le tonnerre. — Dans le mouvement en avant, le bec de gâchette arrête le chien et le ressort à boudin se tend; quand on rabat le levier, la tête mobile pousse doucement la cartouche à fond, la griffe de l'extracteur franchit le bourrelet de la cartouche, et l'entaille du cylindre vient se placer en face du coin du chien. L'arme est prête à faire feu.

Mécanisme de sûreté. — Le fusil étant armé, si l'on veut le laisser chargé et cependant éviter les départs accidentels, on a recours au système de sûreté.

Une pièce en forme de drapeau (fig. 112), dont la hampe cylindrique est logée dans renfort du chien, sert à cet usage. L'extrémité de la hampe, à partir du moment où elle dépasse le corps du chien, devient demi-cylindrique. Le drapeau à gauche, le demi-cylindre se loge dans le renfort et ne gêne en rien la manœuvre; le drapeau à droite, il fait saillie en dessous du renfort et vient remplir l'entaille demi-cylindrique pratiquée sur le cylindre, le mécanisme se trouve enrayé. Un petit ressaut g, qui vient se loger entre le chien et le bouton-écrou, fixe le drapeau dans ces deux positions.

Cartouche. — Elle est métallique et à inflammation centrale.

Poids de la charge	5g
Poids de la balle	25
Vitesse initiale	435m

Résumé. — Ce fusil, égal au point de vue balistique aux divers fusils en usage aujourd'hui, présente quelques défauts de détail. Le chien n'est pas solidaire du percuteur dans le mouvement en avant et la capsule n'est frappée que par la masse du percuteur et du bouton-écrou. Cette disposition vicieuse donnait lieu à beaucoup de ratés; en 1877 on a relié complétement ces trois pièces ensemble; les résultats sont satisfaisants. Avec le mécanisme de sûreté, le ressort est bandé, ce qui le fatigue. Le bouton-écrou peut n'être vissé que d'un tour, rien dans le mécanisme ne s'oppose à ce que l'arme soit employée dans cet état. Le premier coup la dégraderait. Le fusil Mauser est actuellement l'arme de toutes les troupes allemandes.

Bavière. — La Bavière avait adopté en 1869 le fusil Werder. En 1871 cet état avait transformé ces fusils de façon à tirer la cartouche Mauser. Enfin en 1876, la Bavière a adopté complétement le fusil Mauser. Le fusil Werder est une arme à bloc; malgré la complication apparente de son mécanisme, c'est une des meilleures parmi les armes de ce genre. Ce fusil a perdu son intérêt depuis l'adoption du fusil Mauser. Les deux coupes que nous donnons (pl. XII, fig. 11 et 12) suffisent pour que le lecteur se fasse une idée de son fonctionnement. La distribution du fusil Mauser aux troupes bavaroises a eu lieu au mois d'août 1877.

Angleterre. — L'Angleterre, après un concours auquel furent conviés tous les inventeurs, adopta un fusil connu sous le nom de *Henry-Martini*. Cette arme est composée d'un canon système Henry et d'un mécanisme système Martini; de là son nom double. Nous allons en donner la description.

Fusil Henry-Martini. Modèle 1871. *(Planche XII, fig. 14.)*

Canon. — La section du canon est un hexagone avec arête dans le fond de chaque angle; le pas des rayures est de 0m,55.

Mécanisme de culasse. — La boîte de culasse contient tout le mécanisme et relie les deux parties de la monture : le fût et la crosse. Le mécanisme de fermeture se compose d'un bloc (fig. 114) qui tourne en s'abaissant autour d'un axe transversal situé en haut et vers l'arrière de la boîte. Ce bloc prend appui dans le recul, non sur son axe, mais sur la boîte elle-même. Il contient le percuteur et son ressort; en dessous, une échancrure est ménagée pour le passage du levier de la noix. Deux oreilles latérales servent à manœuvrer le bloc à l'aide de la

fourchette du grand levier (fig. 115) situé en arrière du pontet. Quand on écarte ce levier, le bloc s'abaisse et dégage la tranche du canon; il vient frapper la petite branche de l'extracteur en forme de levier coudé et l'étui vide est expulsé. La noix et son levier sont entraînés et tournent autour de leur axe; le cran de la noix passe au-dessus de la détente. On introduit alors la cartouche. Quand on relève le bloc en rabattant sous la crosse le grand levier, la noix est arrêtée par la détente et le percuteur par le levier de la noix qui le traverse dans une rainure; le ressort se tend et le mouvement achevé, l'arme est prête à faire feu.

Autriche-Hongrie. — Le fusil *Werndl*, adopté comme arme neuve dès le mois de juillet 1867, a depuis été modifié sans changer ni les dispositions principales ni l'ensemble du mécanisme de culasse. Tel qu'il existe aujourd'hui, il porte le nom de fusil modèle 1873 et tire une cartouche adoptée en 1875; cette nouvelle cartouche a donné lieu à une retouche dans la chambre. Cependant, les anciennes cartouches peuvent sans inconvénient être tirées dans les nouvelles armes. Nous décrivons ci-dessous le fusil modèle 1867 en indiquant les modifications qui ont été apportées aux différentes pièces dans le fusil modèle 1873. La gendarmerie est armée d'une arme spéciale à répétition, système Früwirth, dont nous indiquerons les parties intéressantes.

Fusil modèle 1867 *(Planche XII, fig. 4.)*

Le fusil Werndl est une arme à barillet, variété du type à bloc. Il est établi pour une cartouche métallique à inflammation centrale; le calibre est de 11 millim.; le canon en acier fondu est vissé dans la boîte de culasse; les six rayures ont une profondeur uniforme de $0^{m}/_{m}$,18, le pas est de $723^{m}/_{m}$,2. La largeur des cloisons est la moitié de celle des rayures.

Fermeture de culasse. — La boîte de culasse est creusée d'un évidement demi-cylindrique où se meut le barillet (fig. 116); à l'avant elle reçoit le canon; à l'arrière elle présente une cloison évidée en dessus de manière à laisser passer l'axe du barillet et à servir de palier à cet axe. Un coin (fig. 117) placé devant cette cloison donne appui au barillet pour résister au recul. La face antérieure de ce coin et la face postérieure du barillet sont taillées en hélice; de cette façon le barillet avance ou recule en tournant. Le barillet est un cylindre évidé en dessus pour permettre l'introduction de la cartouche; sa face antérieure est plane. Une rainure hélicoïdale, dans laquelle s'engage le tenon de l'extracteur, est à sa surface; enfin, il contient le percuteur qui transmet le choc du chien à la cartouche. Son axe, dont il est solidaire, s'engage en avant dans un trou ménagé à cet effet dans la boîte de culasse, et à l'arrière repose dans l'échancrure de la boîte, où il est maintenu par le coin; en dehors de la boîte, cet axe porte un renflement prismatique dont les faces viennent successivement prendre appui sur un ressort plat, fixé à la queue de la culasse. L'une des positions d'appui correspond à la culasse fermée, l'autre à la culasse ouverte. La platine modèle 1857 a été conservée. L'extracteur en forme de Z dont les petites branches sont dans deux plans perpendiculaires, est logé dans l'épaisseur de la boîte de la culasse.

Fonctionnement du mécanisme. — En tournant le barillet de gauche à droite, on le fait légèrement reculer; le ressort qui appuie sur les facettes de l'extrémité de l'axe, résiste à la première partie du mouvement, mais aide à la seconde. En vertu de la vitesse acquise, le barillet dépasse sa position d'équilibre; l'extrémité de la rainure extérieure vient frapper l'extracteur, qui bascule et rejette l'étui. Le ressort ramène le barillet et le maintient ouvert; l'extrac-

teur peut reprendre sa place et permettre l'introduction d'une cartouche. En tournant le barillet de droite à gauche on le fait avancer; il pousse la cartouche à fond et lui fournit un appui. Le ressort maintient le barillet fermé.

Fusil modèle 1873.

Dans le fusil modèle 1873, le barillet (fig. 118) a été allégé par des évidements, il tourne autour de son axe qui est relié au coin fixe; les facettes de cet axe sont à l'intérieur du barillet qui contient un ressort à boudin dont le rôle est le même que celui du ressort plat du modèle 1867. La platine a été remplacée par une plus simple : le chien est intérieur et forme noix; il y a un ressort spécial pour la gâchette. Le fusil est de 300 grammes plus léger que l'ancien.

Cartouche. — La cartouche modèle 1875 est, comme celle de 1867, métallique et à inflammation centrale.

Poids de la balle (alliage de plomb et d'étain).	24g
Poids de la charge.	5g

En résumé, le fusil Werndl, quoique moins simple que beaucoup d'autres, à cause de sa platine séparée, constitue une arme solide, peu susceptible de dégradation et qui a bien résisté à toutes les épreuves qu'on lui a fait subir. Avec la nouvelle cartouche, elle est au niveau des autres fusils de guerre.

Fusil de gendarmerie, système Früwirth *(Planche XII, fig. 10 et 15).*

La fermeture de culasse est du système à verrou; le magasin est dans le fût. Un auget, situé sous la boîte de culasse évidée à cet endroit, reçoit successivement les cartouches et les présente à l'entrée du canon ; la culasse mobile pousse la cartouche à fond et rabat l'auget qui reçoit alors du magasin une nouvelle cartouche. L'arme peut fonctionner comme arme ordinaire, pour cela il suffit d'enrayer le mouvement de l'auget : on peut tirer les 8 coups du magasin en 16 secondes. Le fusil Früwirth est une des armes à répétition les plus légères. Le calibre est de 11 millim. Il tire la même cartouche que le fusil Werndl.

Belgique. — Les troupes belges ont conservé le fusil Albini adopté en 1867. Nous avons déjà parlé de cette arme dans la première partie (*Armement des puissances en* 1867). Nous ajouterons que la cartouche est métallique et à percussion centrale. Le calibre est de 11 millim., et la vitesse initiale de la balle 407 mètres. Poids de l'arme sans baïonnette 4k,600.

Danemarck. — Les troupes danoises sont armées de fusils *Remington* (pl. XIII, fig. 7). Cette arme est très-connue. Nous la rappellerons en deux mots.

L'obturateur A est maintenu contre le tonnerre par un ressort et un cliquet situés au-dessous. Lorsque le chien est armé, on peut rabattre cet obturateur en le faisant tourner autour de son axe a; la cartouche introduite, on le ramène à sa position primitive; le ressort l'y maintient. Le chien forme noix et en se rabattant vient enflammer la cartouche et en même temps donner appui à l'obturateur; le recul est supporté par les axes a et d, c'est pourquoi on leur a donné un fort diamètre. La cartouche est métallique et à inflammation périphérique.

Poids de la balle.	25g
Poids de la cartouche	3g,90
Poids du fusil sans baïonnette	4k,120

Espagne. — L'Espagne a aussi adopté en 1871 un fusil Remington, dont voici les données principales :

Calibre	11m/m
Poids de la balle	25g
Poids de la charge	5 5
Poids de l'arme sans baïonnette	4k,200

La vitesse initiale de la balle est 435 mètres. La cartouche est métallique et à inflammation centrale.

France. — Le fusil modèle 1866 formait l'armement de l'armée française en 1870, au moment où éclata la guerre franco-allemande. Aussitôt la paix rétablie, le gouvernement français, voulant se rendre compte de la valeur réelle de cette arme, fit appel aux officiers qui l'avaient vue à l'œuvre sur les champs de bataille. Un grand nombre de mémoires furent adressés au ministre, qui confia au comité de l'artillerie le soin de les examiner, d'en extraire la substance et de lui adresser un rapport détaillé à ce sujet. Les conclusions de ce rapport se trouvent résumées dans la lettre suivante, adressée au ministre par le Président du comité :

« De l'ensemble des opinions émises, on peut conclure qu'au point de vue du » calibre, du poids, de la forme générale, de la portée, de la justesse et de la » rapidité du tir, le fusil modèle 1866 ne laisse rien ou très-peu à désirer. Mais, » à côté de ces avantages, les défauts de ce modèle d'arme, qui ont donné » lieu aux critiques les plus sérieuses et dont on doit surtout se préoccuper, ont » trait : à l'encrassement du canon et à celui du mécanisme; aux ratés et prin- » cipalement aux ratés de premier coup; aux départs prématurés qui se produi- » sent avant le rabattement du levier, et qui occasionnent presque toujours de » très-graves accidents; au poids du sabre-baïonnette ainsi qu'à son mode d'a- » justage; *enfin aux cartouches qui ne possèdent pas assez de solidité pour* » *résister au transport à l'état libre, dans la giberne, et qui ne se conservent* » *pas bien sous tous les climats.* »

En tenant compte de l'optimisme inévitable dans un document de ce genre, cette lettre résume en effet l'opinion générale sur le fusil modèle 1866. Une commission fut instituée à Vincennes pour étudier l'importance de ces inconvénients et chercher les moyens d'y remédier. Ses études portèrent d'abord sur la cartouche. Divers modèles de cartouches combustibles furent essayés, mais ne donnèrent pas de résultats satisfaisants; la substitution d'une cartouche métallique à l'ancienne cartouche fut décidée en principe. La transformation du fusil modèle 1866 en vue de l'emploi d'une cartouche métallique n'était pas sans difficultés, à cause surtout de la grande longueur de la chambre qui comprenait le logement de la rondelle obturatrice en caoutchouc. Une cartouche métallique placée au fond de cette chambre, et dont le culot eût été à 38 millimètres de la tranche postérieure du tonnerre eût nécessité un extracteur difficile à adapter au mécanisme de fermeture. On essaya de *tuber* le canon dans la partie qui correspond aux chambres; c'est-à-dire d'y introduire, après un alésage préalable, un tube d'acier, dans lequel on pût pratiquer une nouvelle chambre dans les conditions qui seraient reconnues les meilleures. Le succès de cette tentative démontra que l'opération, quoique délicate, était pratiquement possible, et le tubage fut adopté comme base de la transformation.

Dans le but de l'*unité de l'armement*, on s'imposa la condition de trouver un procédé de transformation suffisamment complet pour servir d'arme neuve et qui cependant ne fût pas trop onéreux pour le trésor. On limitait ainsi considé-

rablement le nombre des pièces qui pouvaient être modifiées. Cependant, devant le résultat obtenu, on ne peut blâmer cette résolution, qui nous a permis de constituer, dans un laps de temps relativement court, un armement qui présente ce caractère d'unité d'une si grande importance pour les armes de guerre, sans sacrifier aucune des conditions essentielles. Après les premiers essais, parmi le grand nombre d'armes proposées, deux systèmes parurent remplir plus complétement les conditions imposées; 1° le fusil Beaumont légèrement modifié; 2° le fusil de M. Gras, chef d'escadron d'artillerie.

Dans les deux systèmes on changeait complétement la culasse mobile, l'ancienne étant difficilement transformable pour le tir d'une cartouche métallique qui demande une grande force de percussion. Des essais sur une grande échelle furent exécutés dans des régiments désignés à cet effet; ils portèrent sur 300 fusils d'infanterie de chaque modèle, moitié neufs, moitié transformés; les fusils transformés étaient munis du sabre-baïonnette modèle 1866, et les armes neuves d'une épée-baïonnette à fourreau de cuir. Un régiment de cavalerie et un régiment d'artillerie reçurent des armes appropriées à leur service. Au bout d'un mois d'exercices variés, correspondant le mieux possible au service en campagne, chacune de ces armes avait tiré 1000 coups à balle et 15,000 coups simulés par le départ du chien. A la suite des rapports auxquels donnèrent lieu ces expériences, M. le Président de la République adopta, le 7 juillet 1874, le fusil Gras et l'épée-baïonnette. Un fourreau en tôle d'acier a remplacé le fourreau en cuir. Les particularités du fusil Beaumont sont indiquées dans le paragraphe consacré à la Hollande. Nous allons donner une description du fusil Gras aussi succincte que possible, mais néanmoins suffisante pour donner une idée nette des parties importantes de cette arme. Après avoir décrit l'arme neuve, nous indiquerons les points intéressants de la transformation.

Fusil d'infanterie, modèle 1874. *(Planche XII, fig. 8 et 9.)*

Les formes extérieures et l'aspect général rappellent le fusil Chassepot, dont il ne diffère que par la chambre et les détails du mécanisme de fermeture. Le canon est bronzé ainsi que la boîte de culasse.

Longueur du fusil	$1^m,305$
Longueur de la lame d'épée-baïonnette	0 ,522
Longueur totale du fusil avec baïonnette	1 ,827
Poids du fusil	$4^k,200$
Poids de l'épée-baïonnette (sans le fourreau)	0 ,560
Poids total du fusil avec baïonnette	4 ,760
Poids total de l'épée baïonnette	0 ,800

Canon. — Le canon est en acier fondu et ses dimensions sont les mêmes que celui du fusil modèle 1866; le calibre est de 11 millimètres, 4 rayures de profondeur uniforme ($0^{mm},25$) à pas constant ($0^m,55$) tournent de droite à gauche. Les pleins sont égaux aux vides et raccordés à ceux-ci par des arcs de cercle. A l'extérieur, le canon porte du côté du tonnerre, la hausse; du côté de la bouche, le guidon et les tenon et directrice destinés à fixer la baïonnette.

Boîte de culasse. — La boîte de culasse ne diffère pas notablement de celle de l'ancien fusil. On a pratiqué à l'avant un évidement qui se prolonge jusqu'au canon, et même l'entaille légèrement en biseau : c'est le logement des branches de l'extracteur. A droite se trouve le rempart sur lequel le renfort du cylindre

prend appui pour résister au recul. A sa partie supérieure, ce rempart est taillé en rampe hélicoïdale; en glissant sur cette rampe quand on rabat le levier, le renfort pousse la tête mobile à fond et achève de bander le ressort percuteur. A droite aussi, se trouve la vis-arrêtoir dont nous verrons plus loin le rôle; on remarque à l'intérieur une petite vis dont la tête déborde, c'est la vis-éjecteur qui, en empêchant le culot de l'étui vide de suivre jusqu'au bout le mouvement de l'extracteur, fait basculer cet étui, et le rejette hors de la boîte de culasse.

Culasse mobile. — La culasse mobile se compose du cylindre C (fig. 119) de la tête mobile T, de l'extracteur E (fig. 120), du chien G, du percuteur P et de son ressort, enfin du manchon M. *Le cylindre* porte, outre un levier de manœuvre et



Fig. 121. — Percuteur.

un renfort, un petit tenon situé en avant de ce renfort et destiné à relier la tête mobile au cylindre dans le mouvement d'ouverture. A l'extérieur on remarque deux rainures longitudinales et deux rainures transversales dont l'inclinaison correspond à celle de la rampe taillée sur le rempart de la boîte de culasse. Ces rainures livrent passage à la vis-arrêtoir, à la tête de gâchette et à la vis-éjecteur, pendant les mouvements du cylindre. Sur la tranche arrière, une entaille dont le flanc droit est une surface hélicoïdale peut recevoir quand le levier est rabattu, un coin de même forme qui fait partie du chien; à la position d'ouverture, le sommet de ce coin ne rencontre qu'un cran sans profondeur et le chien ne peut se porter en avant. Le cylindre est percé d'un bout à l'autre, un ressaut situé vers la partie arrière donne un point d'appui au ressort à boudin.

La tête mobile, engagée partiellement dans le cylindre, n'en est solidaire que, lorsque le levier étant relevé, le tenon dont nous avons parlé s'engage dans l'évidement correspondant pratiqué dans le renfort de la tête. Ce renfort con-

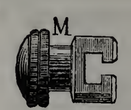


Fig. 122. — Manchon.

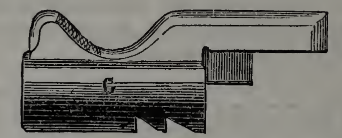


Fig. 123. — Chien.



Fig. 124. — Tête mobile.

tient en outre le ressort à 2 branches, qui constitue l'extracteur; l'ensemble de ces dispositions empêche la tête mobile de tourner autour de son axe. La tranche avant de la tête forme cuvette et reçoit le bourrelet de la cartouche. La rainure de vis-arrêtoir se prolonge et se termine sur la tête, celle de la vis-éjecteur règne sur toute la longueur. La pointe du percuteur peut traverser la tête mobile dans un canal de même forme qu'elle.

Le percuteur cylindrique présente un ressaut pour l'appui du ressort; à partir de ce ressaut la pointe du percuteur commence par présenter une forme aplatie et ce n'est qu'à l'extrémité qu'elle redevient ronde. De cette façon, le percuteur ne pourrait tourner qu'en entraînant la tête mobile qui, nous l'avons vu, ne peut prendre aucun mouvement de rotation. A l'arrière un T s'adapte dans un manchon, qui relie le percuteur au chien. Ce manchon plat se termine par un bouton moleté.

Le chien présente sous son renfort le coin d'arrêt dont nous avons parlé à propos du cylindre; en dessous, on voit deux crans pour le bec de gâchette : repos et sûreté. Le trou central dans lequel passe le percuteur, augmente de diamètre à sa partie postérieure pour recevoir le manchon; mais la tranche arrière n'est pas évidée complétement, et la fente qu'elle présente ne permet l'entrée et la sortie du manchon que dans un sens déterminé perpendiculaire à celui qu'occupent les pièces lorsque la culasse mobile est en place. Ni le chien ni le percuteur ne peuvent tourner et par conséquent ils ne peuvent se séparer accidentellement. La gâchette et son ressort sont simples et suffisamment représentés sur le dessin.

Manœuvre du mécanisme. 1° *Ouvrir le tonnerre.* — Supposons le coup parti; on relève le levier, le cylindre tourne; le chien ne pouvant suivre ce mouvement, son coin, qui à l'abattu est engagé dans l'entaille du cylindre, glisse sur la rampe et recule. Le ressort se trouvera bandé de la hauteur du coin, qui tombera dans le petit cran d'arrêt quand le levier sera complétement redressé. Le renfort de ce cylindre recule aussi légèrement, rappelé par la rainure inclinée de la vis-arrêtoir. Un peu avant que ce mouvement de recul commence, le tenon s'engage dans la tête mobile, qui se trouve entraînée, ainsi que l'extracteur et l'étui vide. Le levier redressé, l'ensemble a reculé de 4 millimètres. On retire alors la culasse mobile; l'étui vide, entraîné par le haut, rencontre en bas la vis-éjecteur, bascule et est rejeté. Les formes des crans du chien et du bec de gâchette permettent le mouvement dans ce sens.

2° *Mettre une cartouche* et l'engager avec la main dans le tonnerre.

3° *Fermer le tonnerre.* — Pousser avec le levier la culasse mobile en avant: la tranche antérieure du chien vient buter contre le bec de gâchette, et l'extracteur commence à s'engager dans son logement. Rabattre le levier à droite : le cylindre glissant sur le rempart avance poussant devant lui la tête mobile; la griffe de l'extracteur franchit le bourrelet du culot et la cuvette de la tête achève d'assurer la position de la cartouche. Le chien et le percuteur étant arrêtés par le bec de gâchette, ce mouvement achève de bander le ressort. Enfin le cylindre abandonne la tête mobile qui se trouve ainsi plus libre d'épouser la forme du culot. En même temps, l'entaille du cylindre vient se placer vis-à-vis du coin porté par le chien. Le fusil est prêt à faire feu.

Garnitures. — Par suite de l'augmentation du recul, on a été obligé de visser la baguette dans la monture.

Démontage. — On peut remarquer que le mécanisme proprement dit ne comporte pas une seule vis, aussi n'exige-t-il aucun accessoire pour le montage et démontage; seule la vis-arrêtoir sert à relier la culasse mobile à la boîte et nécessite un tourne-vis. De plus les pièces sont peu nombreuses, robustes et peu exposées aux chocs et aux autres causes de dégradations. Sous ce rapport, cette arme offre des avantages sérieux et que sont loin de posséder au même degré beaucoup d'armes en service à l'étranger.

Transformation. — Il nous reste un mot à dire de la transformation. Le canon est alésé dans une certaine longueur suivant un cône très-allongé; la partie filetée est évidée aux deux extrémités d'un diamètre. Un tube en acier ayant la même forme que le logement qui lui a été préparé, est placé dans ce logement avec un léger serrage. Deux oreilles remplissent les évidements pratiqués dans la partie filetée et lorsque le tout est vissé dans la boîte de culasse le tube est solidement maintenu en place. Dans l'intérieur de ce tube on pra-

tique une chambre pareille à celle du fusil neuf. La culasse mobile est remplacée par une neuve, identique à celle décrite précédemment.

Hausse. — La hausse, d'un usage un peu compliqué, permet le tir jusqu'à 1800 mètres. Les divers crans de mire ne sont pas au-dessous les uns des autres ; ils sont plus ou moins à gauche du plan du tir. Cette disposition a pour but de corriger la dérivation due à la dissymétrie de l'arme.

Cartouche. — La cartouche est en laiton à bourrelet massif ; le métal du culot est refoulé au centre pour former le logement de l'amorce et l'enclume ; deux trous laissent passer les gaz enflammés.

Longueur de l'étui.	59m/m,45
Longueur totale de la cartouche.	76 ,00
Longueur de la balle	27 ,00
Diamètre de la balle.	11 ,00
Poids de la poudre.	5g,25
Poids de la balle.	25 ,00
Poids total de la cartouche.	43 ,80

Cette cartouche est commune au fusil d'infanterie neuf et transformé, à la carabine de cavalerie et au mousqueton d'artillerie. Ces dernières armes ont, outre les particularités inhérentes à leur destination, une différence de détail avec le fusil d'infanterie ; le levier de manœuvre est recourbé de façon que l'homme puisse porter facilement l'arme en bandoulière.

Données balistiques. — Au point de vue balistique, le fusil modèle 1874 est remarquable comme portée et comme justesse. La tension de la trajectoire est considérable. Pour 1800 mètres, l'ordonnée maxima, c'est-à-dire la plus grande hauteur atteinte par la balle, est de 100 mètres. Voici le tableau des vitesses initiales :

Fusil, modèle 1874	450m
Carabine de cavalerie, modèle 1874.	435
Mousqueton d'artillerie, modèle 1874.	415

Dans la dernière partie de ce chapitre, nous comparerons les armes de toutes les puissances et nous constaterons que les fusils modèle 1874 et modèle 1866-74, qui d'ailleurs ne diffèrent que par des détails insignifiants, peuvent soutenir la comparaison avec les armes étrangères.

Hollande. — La Hollande a adopté le fusil de Beaumont. Ce fusil, représenté planche XII, fig. 13, se rapproche beaucoup du fusil français modèle 1874. Il en diffère cependant par un point essentiel : le moteur de percussion. M. de Beaumont, abandonnant le ressort à boudin, l'a remplacé par un ressort à deux branches, analogue au grand ressort des anciennes platines. Ce ressort est placé dans l'intérieur du levier de manœuvre qui est évidé à cet effet. Le calibre est de 11 millimètres ; la cartouche est métallique et à inflammation centrale.

Italie. — L'armée italienne est armée du fusil *Vetterli.* La description complète de cette arme est faite à propos de la Suisse, qui la première l'a adoptée.

Russie. — L'infériorité du fusil Karl fut rapidement reconnue, et le gouvernement russe décida l'adoption d'un fusil *Berdan.* 30,000 fusils, construits en Amérique suivant ce système, furent au commencement de l'année 1869 mis en essai dans les corps de troupes. L'inventeur lui-même reconnut les défauts de

cette arme, et, dès la fin de la même année, en proposa une autre, qui prit le nom de fusil Berdan n° 2 (pl. XII, fig. 1, 2 et 3).

Le fusil Berdan n° 2 ou fusil modèle 1871 est l'arme actuelle des troupes russes. Il est à verrou, et son aspect général est celui de toutes les armes de ce système. Toutes les parties en fer et en acier sont bronzées à l'exception de la culasse mobile.

En voici les dimensions et données principales :

Longueur de l'arme. .	sans baïonnette.	1m,35
	avec baïonnette	1 ,85
Poids de l'arme	sans baïonnette	4k,300
	avec baïonnette	4 ,700

La cartouche métallique du système Berdan est à inflammation centrale.

Poids total de la cartouche.	42g,5
Poids de la balle.	24g
Poids de la poudre.	5g,06
Vitesse initiale de la balle.	442m

La baïonnette est à lame quadrangulaire ; elle est bronzée.

Le canon est en acier fondu ; une partie lisse précède la naissance des rayures, de manière que la balle ne s'engage dans celles-ci qu'après être complétement sortie de la cartouche. Les cloisons n'ont que 1mm,5 de largeur; le canon est vissé dans une boîte de culasse fendue à sa partie supérieure et échancrée à droite, comme dans toutes les armes à verrou. Cette échancrure a juste la même longueur que le renfort du cylindre, et ses extrémités sont taillées en hélice; de sorte que le cylindre ne peut tourner sans avancer ou reculer un peu.

Le cylindre et le chien sont semblables par leurs formes et par leurs fonctions aux pièces de même nom du fusil français décrit précédemment. Elles ne portent cependant ni rampe hélicoïdale, ni coin d'arrêt.

Le chien est terminé à l'arrière par un bouton moleté. Le percuteur est vissé dans le chien et en est rendu complétement solidaire par une goupille ; il ne peut jamais prendre de mouvement de rotation.

Le percuteur est cylindrique et porte à la naissance de la pointe 2 bras qui en venant buter contre la face de la tête-bouchon empêchent la pointe du percuteur de faire saillie tant que la culasse n'est pas complétement fermée. La *tête-bouchon* est reliée au cylindre par une vis noyée.

L'extracteur est logé dans le renfort du cylindre. Une pièce destinée à augmenter la sécurité est le loquet. Elle présente une nervure qui ne permet le mouvement du chien qu'à la condition de trouver dans le cylindre une rainure où elle puisse se loger, ce qui n'a lieu que lorsque le cylindre est complétement ouvert ou complétement fermé.

En résumé, le fusil Berdan adopté par la Russie est d'un fonctionnement commode et sûr. La force que demande le maniement de la culasse mobile est beaucoup moindre que dans les fusils analogues. Sa justesse, sa portée, ses qualités balistiques en un mot et sa rapidité de chargement, sont celles des meilleures armes adoptées par les autres puissances. On peut lui reprocher la difficulté pour le soldat de démonter la culasse mobile, la façon peu solide dont est maintenu l'avant du cylindre pendant le tir, et, surtout la complication de son mécanisme. Ce dernier défaut est grave à la guerre, le soldat qui dégrade ou perd une des nombreuses pièces ou vis de la culasse mobile, reste désarmé.

Suède. — La Suède a adopté un fusil Remington du calibre de $12^{mm},2$. La cartouche est métallique et à amorce périphérique.

Poids de la balle..	24^g
Poids de la poudre	$4^g,25$
Poids du fusil (sans baïonnette)	$4^k,350$

Suisse. — Dès 1869, le gouvernement fédéral adopta un fusil à répétition, système Wetterli. Quoique son aspect général rappelle les armes à verrou, il diffère très-notablement de celles que nous avons eu à étudier, et son mécanisme est assez intéressant pour être décrit. Ce fusil constitue aussi l'armement de l'armée italienne.

Fusil Vetterli, modèle 1869. *(Planche XII, fig. 5.)*

La *monture* du fusil est formée de deux parties : le fût et la crosse ; ces deux parties sont réunies par la boîte, qui contient les mécanismes de fermeture et de répétition. Le magasin est dans le fût, la baguette est extérieure et sur le côté gauche du fût. Le *canon* est vissé dans la boîte, le guidon sert aussi de tenon pour fixer la baïonnette; les rayures sont au nombre de 5, les pleins sont égaux aux vides, le pas est de 600 millim., le calibre est de $10^{mm},5$. La boîte se compose d'un demi-cylindre creux qui fait suite au canon et d'une boîte à peu près rectangulaire située au-dessous. Le fond du demi-cylindre prolongé vers l'arrière forme la bande supérieure; le dessous de la boîte se prolonge pour former la bande inférieure. Le demi-cylindre contient l'appareil de fermeture et de percussion; la boîte contient la détente et le mécanisme de répétition.

L'appareil de fermeture se compose d'un cylindre qui peut se mouvoir longitudinalement; son mouvement en arrière est limité par une tirette qui le traverse. Il renferme la fourchette de percussion et le percuteur, à sa partie supérieure se trouve une rainure, servant de logement à l'extracteur; en dessous une autre rainure contient le petit bras du levier du transporteur. La noix peut tourner autour du cylindre; on la manœuvre avec un levier coudé terminé par une boule. Elle porte deux oreilles qui se placent devant deux autres portées par la boîte de culasse quand le levier est rabattu. Quand il est relevé, ces oreilles peuvent passer dans des évidements préparés à cet effet. Le mouvement d'ouverture de la noix est arrêtée par un ressort qui tombe dans une rainure; vers l'arrière, la noix présente des plans inclinés, sur lesquels peuvent monter les ailettes du percuteur. Le percuteur traverse le cylindre, il porte deux ailettes qui correspondent aux plans inclinés de la noix, et donnent appui au ressort; en même temps l'une d'elle porte le cran de l'armé. Le ressort à boudin entoure le cylindre à l'arrière de la noix et s'appuie sur un bouton écrou vissé à l'arrière du cylindre.

La détente est très-simple et son fonctionnement se comprend au seul aspect du dessin. Le mécanisme de répétition se compose du transporteur et de son levier coudé. Le transporteur est un auget qui se meut verticalement dans la boîte de manière à se trouver alternativement en face du magasin et en face du canon. Ces mouvements lui sont communiqués par le levier coudé qui est lui-même actionné par le cylindre de fermeture. Le petit bras du levier est en effet comme nous l'avons dit engagé dans une rainure creusée dans ce cylindre; quand il rencontre l'un des bouts de cette rainure, il bascule dans un sens ou dans l'autre. Un ressort le maintient dans ces deux positions extrêmes.

Manœuvre. — Supposons le coup parti; *relever le levier* pour dégager la noix : les ailettes du percuteur montent sur les plans inclinés de la noix et ban-

dent le ressort; *retirer le cylindre en arrière* : la cartouche brûlée est retirée du canon, et l'extrémité de la rainure du cylindre vient rencontrer le levier du transporteur, le transporteur remonte avec une cartouche et expulse l'étui vide par l'évidement supérieur de la boîte de culasse; *pousser le cylindre en avant*: la cartouche amenée par le transporteur est poussée dans le canon; le levier poussé vers l'avant abaisse le transporteur qui reçoit du magasin une nouvelle cartouche; la détente arrête l'ailette inférieure du percuteur; on achève de bander le ressort; on ferme la culasse en rabattant le levier. Quand on ne veut pas faire usage du magasin, on le ferme et on introduit à chaque coup une cartouche dans le transporteur par une fenêtre ménagée dans la face droite de la boîte de culasse.

Données principales du fusil :

Calibre	$10^{m}/_{m},5$
Longueur avec baïonnette	$1^{m},800$
Poids sans baïonnette (magasin vide)	$4^{k},500$
Poids sans baïonnette (magasin rempli)	4 ,900

Modifications. — On a depuis fait quelques modifications. Nous citerons celle qui permet de charger l'arme directement sans être obligée de mettre la cartouche dans le transporteur. Le ressort d'arrêt a été supprimé. La baguette est replacée sous le fût.

Cartouche. — L'amorce est périphérique. Le fusil peut recevoir 13 cartouches : 11 dans le magasin, 1 dans le transporteur, 1 dans le canon.

Cartouche (l'amorce est périphérique).

Poids de la balle	$20^{g},20$
Poids de la charge	3 ,75

Turquie. — L'armée turque est armée du fusil Henry-Martini. Ses fusils ont été exécutés en Angleterre et sont identiques aux fusils anglais. Pendant la dernière guerre elle a fait usage d'armes de systèmes divers achetés dans le commerce afin d'armer les hommes levés pour la campagne.

Conclusions. — Nous avons vu, dans la première partie de cette étude, toutes les nations transformer les armes existantes tout en faisant étudier un armement nouveau. Ces études se sont poursuivies jusqu'à ces dernières années et même se poursuivent encore. Pendant ce temps, la guerre franco-allemande a prouvé que les armes se chargeant par la culasse même imparfaites étaient susceptibles de résister aux épreuves d'une campagne longue et pénible. De l'ensemble des expériences poursuivies en même temps dans toute l'Europe, on a dégagé un certain nombre de principes, qui constituent une base sur laquelle on peut s'appuyer pour construire une arme nouvelle dans de bonnes conditions et pour porter un jugement sur les fusils existants. Comme exemple de ces *axiomes* aujourd'hui incontestés nous citerons : L'emploi de la cartouche métallique, la nécessité d'un petit calibre (11 millimètres environ), d'une grande tension de trajectoire et par suite d'une grande vitesse initiale. Le tableau ci-après permet de comparer les principales armes en service.

ÉTATS.	MODÈLES.	DATE de l'adoption.	LONGUEUR du fusil avec baïonnette.	POIDS du fusil sans baïonnette.	CALIBRE.	POIDS de la charge.	POIDS de la balle.	VITESSE initiale.	NOMBRE de cartouches pesant 3 kilogr.
				kil.					
Angleterre. . .	Henri-Martini.	1871	»	4	11.43	5,5	31	415	62
Allemagne . . .	Mauser.. . . .	1871	1,82	4,400	11,00	5	25	445	71
Bavière.	Werder. . . .	1873	1,78	4,270	11,00	5[1]	25[1]	445	71
Autriche	Werndl. . . .	1873	1,85	4,300	11,00	5[2]	24[2]	450	75[2]
Belgique	Albini.	1867	1,82	4,600	11,00	5	25	407	75
Danemarck. . .	Remington . .	1867	1,83	4,120	11,44	3,90	25	381	86
Espagne.. . . .	Remington.. .	1871	1.83	4,200	11,00	5	25	435	73
Etats-Unis. . .	Winchester. .	»	1,75	4,000[3]	11,00	3,25	20,75	400[4]	93
France.	Chassepot. . .	1866	»	4,050	11,00	5,50	25	420	91
France.	Gras.	1874	1,83	4,200	11,00	5,25	25	450	70
Hollande. . . .	Beaumont. . .	1871	1,83	4,350	11,00	4,5	22	435	77
Italie.	Vetterli. . . .	1870	1,81	4,200[5]	10,4	3,25	20	425	87
Russie.	Berdan n° 2. .	1871	1,85	4,200	10,6	5,06	24	435	72
Suède.	Remington.. .	1867	1,85	4,350	12,2	4,25	24	410[6]	85
Suisse	Vetterli. . . .	1869	1,78	4,500[7]	10,5	3,75	20,75	440	98

OBSERVATIONS. — [1] Avec la cartouche allemande. — [2] Cartouche 1875. — [4] Environ,. — [3] Magasin vide. — [5] Magasin vide. — [6] Environ. — [7] Magasin vide.

Si nous écartons l'Italie et l'Angleterre qui ont adopté, l'une une arme du calibre de $10^{mm},4$ lançant une balle de 20 grammes, et l'autre une arme de $11^{mm},43$ lançant une balle de 31 grammes; toutes les autres puissances ont choisi des fusils dont le calibre varie entre $10^{mm},7$ et 11 millim., la balle entre 24 et 25 grammes, et la charge entre 5 grammes et $5^{gr},25$. Aussi les vitesses initiales ne varient-elles que fort peu, de 435 à 450 mètres. Dans ces armes, les résultats balistiques, c'est-à-dire la portée, la justesse, les hausses, ne peuvent varier notablement. Le tableau ci-dessous permet de comparer les hausses (tangentes aux angles de mire) du fusil français et du fusil allemand.

DISTANCES.	FUSIL allemand.	FUSIL français.	DISTANCES.	FUSIL allemand.	FUSIL français.
200m	7,6	2,9	1200m	76,1	72,3
500	19,2	16,9	1400	98,3	95,4
800	39,7	36,3	1600	123,3	122,2
1000	56,7	52,7	1800	»	153,2

Différence maximum : 4^{mm}; si on tient compte de ce que l'angle de relèvement est plus grand dans le fusil français, on verra que les trajectoires sont à très-peu près identiques. Le fusil Berdan n° 2 et le fusil Werndl donneraient des résultats analogues. On sera encore bien plus convaincu que la valeur réelle de toutes ces armes est la même, si l'on songe que les différences observées entre elles sont du même ordre que celles que peuvent produire pour une même arme certaines causes accidentelles : différences dans le chargement des cartouches, différences dans la force de la poudre, et même différences de température. On voit donc qu'au point de vue balistique l'unité est complète.

Le poids de l'arme varie dans des limites très-restreintes, de $4,^{k}200$ à $4^{k},400$; seul le fusil Vetterli atteint $4^{k},500$. Considérés comme arme blanche, tous les fusils ont la même longueur, $1^{m},78$ à $1^{m},85$. Quant aux mécanismes de culasse, celui que nous avons rencontré le plus souvent, par conséquent celui qui paraît réunir le plus de qualités, est le fusil à verrou avec percuteur central mu par un ressort à boudin. Il n'est cependant pas parfait. Nous devons ajouter que les expériences continuent.

PISTOLETS ET REVOLVERS.

Sans rechercher les origines du pistolet, origines auxquelles il serait difficile d'assigner une date précise, nous signalerons quelques vieilles armes de ce genre, curieuses soit par leur ancienneté, soit par leur mode de construction. Dès 1604, on avait des pistolets doubles à canon superposés, les platines à rouet étaient placées l'une devant l'autre. Nous avons parlé d'un fusil en or qui se trouvait en 1700 à l'arsenal de Florence, le même arsenal possédait aussi un grand pistolet du même métal; on y voyait encore un pistolet à cinq canons et un autre qui en avait dix-huit disposés en étoile. Tous ces essais prématurés n'eurent aucun succès, car le pistolet usuel fut jusque vers 1870 le pistolet à un coup. Il subit pendant ces 270 ans bien des modifications de détail et bien des perfectionnements, mais il a régné à peu près sans partage jusqu'au moment où il a été détroné, probablement sans retour, par le revolver. La platine à percussion et la rayure, successivement adaptées au pistolet de guerre, en avaient fait une arme redoutable entre les mains d'un tireur habile. Sa justesse était satisfaisante et sa force de pénétration considérable.

Les revolvers, naguère encore proscrits de l'armement des troupes et exclusivement réservés aux officiers, ont depuis quelques années conquis la faveur des autorités militaires chez plusieurs grandes puissances. Le pistolet se chargeant par la bouche est remplacé soit par le revolver, soit au moins par un pistolet se chargeant par la culasse. Il est à remarquer qu'une nation connue pour son esprit entreprenant et hardi, celle-là même qui adopta la première le fusil à aiguille, la Prusse, recule devant l'adoption d'un revolver qu'elle considère comme une arme inutile et même dangereuse entre les mains des soldats. Un pistolet se chargeant par la culasse du système Mauser constituera l'arme allemande pour le combat rapproché.

L'Autriche, la Russie, l'Angleterre, la Belgique, l'Italie et la France ont doté leurs troupes d'un revolver. Ces armes sont en général bien conçues, solides, faciles à visiter et à nettoyer, en un mot susceptibles d'un bon service de guerre. Leur portée, leur justesse et leur force de pénétration sont très-suffisantes, ces armes n'étant destinées qu'au combat rapproché.

Le revolver anglais est du système Deane-Adams; le revolver italien est du système Lefaucheux; le revolver français et belge, du système Chamelot-Delvigne, est représenté dans la planche XIII, fig. 1. Le révolver Gasser, adopté en Autriche, est moins connu que les précédents. Nous allons le décrire en détail, comme exemple de ce genre d'armes à feu.

Revolver Gasser. *(Planche XIII, fig. 2, 3, 4 et 5.)*

Autriche. — Le revolver de troupe autrichien est une arme d'arçon, c'est-à-dire destinée à être portée dans les fontes de la selle; aussi son poids est-il assez considérable. Il pèse $1^{k},350$ grammes; sa longueur est de 325 millimètres. Il se compose d'un canon en acier, d'un barillet également en acier et d'une carcasse en fonte malléable, qui forme crosse, contient le mécanisme, et réunit les différentes parties du revolver. Le canon porte le guidon et le cran de mire. Le calibre est de 11 millimètres; il y a six rayures du pas de $421^{mm},5$; il porte un talon pour le fixer à la carcasse; le barillet contient six chambres et un logement central pour le passage de l'axe. A l'extérieur on voit six crans-arrêt, qui fixent le barillet dans les positions de tir; sur la tranche-arrière, un rebord du

petit diamètre présente six dents. La carcasse donne appui aux cartouches du barillet sur un plateau circulaire de même diamètre que ce barillet, au centre de ce plateau se visse l'axe; on enfile le barillet, et le talon du canon vient se visser à l'autre extrémité de cet axe. Une petite vis relie l'extrémité du talon à la carcasse.

La partie arrière de la carcasse renferme la platine; elle est fermée des deux côtés par deux plaquettes en bois. Le mécanisme se compose du chien C avec sa chaînette *c* et son grand ressort R, de la détente D et son ressort *r*, du mentonnet *m* et son ressort, de la barrette *b*.

Fonctionnement du mécanisme. — Le révolver est à tir intermittent et à tir continu.

1° *Tir intermittent.* — On arme à chaque coup; l'effort du pouce fait tourner le chien autour de son axe P. Le bec *a* de la détente est soulevé par le talon *d* du chien, glisse et tombe dans le cran du bandé. La barrette *b* suit le mouvement, mais n'a pas d'utilité dans ce cas, le tout tourne autour de l'axe *a*. En même temps, le mentonnet *m* monte et fait tourner le barillet en agissant sur les dents du rebord, le talon *t* fait saillie et arrête le mouvement au moment où le centre de la cartouche est en face du logement du chien. En pressant sur la détente le bec *a* se dégage et le chien entraîné par son ressort vient frapper la cartouche. Le coup parti, le ressort *r* ramène la détente à sa position primitive.

2° *Tir continu.* — En pressant sur la détente on soulève la barrette *b*; cette barrette qui est logée dans un cran du chien force le chien à tourner et bande le ressort, le bec de détente glisse comme précédemment sur le talon *d*. Mais au moment où le bec *a* pourrait tomber dans le cran de l'arme, la barrette laisse échapper le chien et le coup part. Il suffit de cesser l'effort du doigt pour que la détente revienne à sa position primitive.

Système de sûreté (fig. 5). — Sur le côté droit de la carcasse et extérieurement est un ressort fixé par une vis à l'une de ses extrémités. Il porte deux tenons qui pénètrent dans la platine; le plus éloigné vient se placer en T dès que le chien est un peu soulevé et arrête le talon *d* si le chien vient à descendre. L'autre tenon est en face de la détente en T' quand on presse sur la détente, il monte sur un plan incliné disposé sur cette pièce et dégage le tenon T de dessous le chien. Pour charger et ôter les étuis vides on met le chien à la position de sûreté. Une portière mobile ménagée dans le plateau et une baguette portée par le talon du canon servent au chargement et au déchargement.

Cartouche métallique et à inflammation centrale :

Poids de la balle	$20^{g},8$
Charge	1 48

Résumé. — Ce revolver relativement simple, est bien approprié au service des troupes. Il est solide, ne se dérange pas par les mouvements du cheval. On a tiré jusqu'à 800 coups à la charge renforcée $2^{g},2$, sans qu'il ait subi de dégradation. Sa justesse est suffisante; à 50 pas, un tireur habile peut mettre tous ses coups dans une cible de $1^{m},70$ de haut et $0^{m},45$ de large; à 150 pas la balle traverse encore 3 planches de sapin de 26 millim. d'épaisseur espacées de $0^{m},15$.

ARMES DE CHASSE, DE TIR ET DE LUXE.

Il est très-difficile de se procurer des renseignements sur les armes à feu anciennement employées à la chasse. Les documents ne considèrent que les armes de guerre et ce n'est que par hasard, de loin en loin, que l'on trouve quelques données sur les armes de chasse et sur les munitions employées. L'histoire de ces armes est encore à faire et aucun traité complet n'a paru sur la matière. Si l'on se rappelle que les seules chasses en honneur étaient la chasse à courre et la chasse au vol, on s'étonnera moins du silence des auteurs anciens et du peu d'importance qu'ils attachaient aux armes à feu. Cependant, il est très-probable que l'arquebuse, dès qu'elle fût devenue un peu maniable, fut employée à la chasse en même temps qu'à la guerre. Il paraît en effet difficile de croire que les soldats peu disciplinés, mal ou point nourris qui parcouraient l'Europe en tout sens pendant ces temps troublés n'aient pas eu l'idée d'employer leur arme à procurer un supplément de vivres. Le gibier étant abondant, l'occasion n'a pas tardé à se présenter, et on ne peut douter que plus d'un hôte des forêts royales et seigneuriales n'ait eu pour tombeau l'estomac des partisans. Telle est l'origine du fusil de chasse; ce n'est que l'arme de guerre détournée momentanément de sa destination. Elle ne peut encore servir que pour atteindre le gros gibier, car elle lance seulement la balle. A quelle époque eut-on l'idée de remplacer le bloc de plomb par de la grenaille, c'est ce qu'il serait difficile de préciser; cependant, l'invention du plomb de chasse paraît assez ancienne. On raconte que Louis XIII s'amusait quelquefois, avec son favori de Luynes, à tirer des oiseaux dans le jardin des Tuileries, et qu'un jour quelques grains de plomb vinrent retomber dans la chevelure de la reine qui se promenait non loin de là, et s'en montra fort épouvantée et courroucée. Ce fait indique que le plomb, en grains plus ou moins réguliers de forme et de poids, était employé à la chasse au commencement du XVIIe siècle. Un document plus authentique, mais bien postérieur, est l'ordonnance royale qui en 1699 réserve à la couronne le droit de vente du plomb de chasse. La mesure est toute financière, elle prouve que cette branche du commerce était alors suffisamment étendue pour donner un bénéfice capable de tenter la cupidité du fisc.

Des fusils destinés spécialement à la chasse et d'un très-petit calibre (0 pouce, 30) furent fabriqués en France vers 1666. En 1690 presque toutes les armes de chasse ont encore la platine à rouet, et ce n'est que le petit nombre qui est muni de platines à silex.

Le Musée de l'artillerie possède une arme à feu de la même époque, dont la construction est très-curieuse. C'est une arme à deux canons et une seule platine; les canons tournent pour venir successivement se placer dans la position de tir.

Le fusil double à canons fixes et à deux platines a dû précéder l'essai hardi dont nous venons de parler. Ce n'est cependant qu'en 1741 que Leclerc trouve le moyen de braser l'un sur l'autre les deux canons qui jusqu'alors n'étaient que juxtaposés. En 1743 on revient en France aux essais de canons tournants et ce n'est plus seulement deux canons comme en 1690, mais quatre que l'inventeur prétend amener à tirer successivement. Comme premier essai d'armes à magasin, il convient de mentionner un fusil construit vers 1767 par Bouillet à Saint-Etienne; avec un canon simple il tirait 24 coups sans recharger. Vers le milieu du XVIIIe siècle apparaissent les fusils à vent. Enfin, en 1797 *Pinetti de Merci* montre à Berlin un fusil qui se décharge tout seul et au commandement sans qu'il soit besoin d'y toucher extérieurement. Il est fâcheux que Moritz

Meyer, qui rapporte le fait, n'entre pas dans quelques détails, car il est difficile de comprendre comment fonctionnait cet engin si intelligent.

A partir de 1807, on voit apparaître les platines à percussion, utilisant les propriétés du mercure fulminant découvert vingt ans auparavant :

Forsith en Angleterre (1807), Pauli en France (1808), Lepage (1810), Fox (1810). Pauli en 1810 prend un brevet pour un fusil se chargeant par la culasse, l'inflammation a lieu par percussion et suivant l'axe du canon. De cette même année 1810 date le décret impérial sur l'épreuve que doivent subir les fusils de luxe et de chasse avant d'être livrés au commerce. Les épreuves sont faites par un employé de l'Etat et l'arme qui les a subies avec succès reçoit un poinçon qui est un gage précieux de sécurité.

Pendant quelques années le but poursuivi par tous les inventeurs est l'application d'une substance à percussion à l'inflammation de la charge. Les platines à percussion qui ont été l'objet de brevets de 1810 à 1825 sont excessivement nombreuses ; on y remarque quelques noms qui sont connus dans l'arquebuserie française : Lepage, Renette, Blanchard, Deloubert. Il faut encore citer la platine à magasin de Harrier (1826) L'inventeur tire 199 coups sans renouveler la charge du magasin et sans éprouver un seul raté.

En 1832, Lefaucheux invente son fusil se chargeant par la culasse. Ce système est trop connu pour que nous nous y arrêtions. Malgré ses inconvénients incontestables, le fusil Lefaucheux a été, on peut le dire, le seul fusil de chasse jusqu'à ces dernières années. Il régnait en maître à l'Exposition de 1867 et aucun des nombreux systèmes qui lui avaient été opposés, n'avaient pu l'ébranler. Cependant on pourrait apercevoir, notamment dans l'exposition faite par M. Devisme, quelques spécimens d'une modification qui a depuis conquis la faveur des amateurs ; c'est le fusil à percussion centrale. Le système de bascule a été conservé : il est cependant peu rationnel d'immobiliser la partie la plus légère, la culasse, pour faire mouvoir le canon qui est beaucoup plus lourd ; mais le public y est habitué et aucune des tentatives faites pour le remplacer n'a eu de succès. Les modifications ont porté sur le mode d'attache du canon à la culasse ; le T primitif a été rejeté et on l'a remplacé par un verrou mu tantôt par une clef spéciale placée ordinairement entre les chiens, tantôt par une volute en avant de la sous-garde, tantôt enfin par la sous-garde elle-même (pl. XIII, fig. 10).

La véritable différence est dans la cartouche : on ne peut se dissimuler que la broche ne soit un inconvénient réel. Les cartouches à inflammation périphérique, c'est-à-dire dans lesquelles le fulminate est réparti tout autour du culot de la cartouche sont beaucoup plus exposées à prendre feu accidentellement. Leur substitution à la cartouche à broche n'était donc pas à désirer, c'eût été tomber d'un mal dans un pire, car mieux vaut encore un engin un peu moins commode, mais qui offre une plus grande sécurité. La nouvelle cartouche déjà très-répandue et qui évidemment est appelée à supplanter l'ancienne cartouche Lefaucheux est celle dite à percussion centrale. L'amorce est fixée au centre du culot et logée dans un renfoncement ménagé à cet effet. De cette façon, le seul point vulnérable est protégé contre les chocs accidentels et la sécurité est complète. De plus, elle ne nécessite aucune précaution pour son introduction : sa forme parfaitement symétrique s'adapte au canon dans toutes les positions. Enfin, quel que soit le système, toutes les armes récemment construites sont munies d'un extracteur automatique, ce qui supprime l'ancien tire-cartouche qui était d'une commodité au moins contestable.

Carabines de tir. — Les carabines de tir sont à peu près toutes des fusils de guerre d'une fabrication un peu plus soignée et tirant à plus faible charge,

aussi n'avons-nous pas besoin de faire de descriptions spéciales. Il suffit de citer les noms des inventeurs : Remington, Spencer, Vetterli, Winchester, Withworth, Martini-Henry, Comblain, Sharps, etc (voir pl. XIII). Nous retrouvons tous les fusils adoptés par les différentes puissances ou ceux qui ont pris part aux concours ouverts notamment par l'Angleterre et par la Suisse avant l'adoption des nouvelles armes de guerre. Nous avons remarqué avec regret que la vitrine pourtant très-grande, mise à la disposition de la société nationale de tir ne contenait pas une seule carabine d'origine française. Il n'est pas douteux pour nous que la disposition législative qui prohibe la fabrication des armes de guerre ne soit en grande partie responsable du peu de recherches qui se produisent en France dans cette branche de l'industrie des armes. Aussi n'hésitons-nous pas à demander sa suppression.

VISITE A L'EXPOSITION

On peut dire qu'il n'y a pas eu d'exposition d'art militaire. Une seule puissance, l'Espagne, a mis sous les yeux du public un ensemble de son matériel de guerre. Sans offrir un intérêt spécial, ces bouches à feu prouvent que les dernières années ont été mises à profit et que les officiers espagnols ont su se tenir aux courants des idées nouvelles et les introduire dans la fabrication. Le canon de 12 centimètres exposé par la Hollande n'offre aucun caractère particulier.

M. Withvorth avait aussi exposé un canon de 9 livres de son système auquel il a adapté une fermeture de culasse. Ce système est intermédiaire entre la fermeture à vis et la fermeture à coin. En effet, comme dans le système à coin la pièce de fermeture est une plaque qui se meut transversalement au moyen d'une crémaillère et d'un pignon ; ce qui la rapproche du système français, c'est que les faces supérieure et inférieure sont pourvues de saillies dont le profil est celui du filet des fermetures à vis. Le logement de la plaque dans le canon présente des rainures correspondantes dans lesquelles les saillies viennent se loger quand on ferme la culasse. Ces rainures ne sont pas tout à fait perpendiculaires à l'axe de manière à donner un serrage initial. A côté de ce canon on voyait deux lingots d'acier coulé, brisés pour montrer la cassure. L'un coulé à la méthode ordinaire était criblé de soufflures ; l'autre, comprimé à l'état liquide, en était complétement exempt.

L'Angleterre, l'Autriche, la Russie, les Etats-Unis, la France, etc., n'avaient exposé que des obus placés là comme spécimens de la fabrication des objets en fonte et en acier. Les grandes usines métallurgiques françaises avaient cependant placé dans les bâtiments renfermant leurs produits des tubes et des frettes destinés à la fabrication des canons ; mais toutes ces pièces isolées sont du domaine de la métallurgie et nullement de l'art militaire. Il faut cependant signaler le fac-simile en bois du canon de 100 tonnes italien exposé par les usines du Creuzot pour montrer la disposition du truc destiné au transport de ce canon. Les mitrailleuses sont un peu plus nombreuses, cependant nous ne rencontrons aucun modèle nouveau ; nous citerons : En Belgique la mitrailleuse Christophe et Montigny. Aux Etats-Unis, la mitrailleuse Gatling (pl. XIII, fig. 6), un peu modifiée par son inventeur. Un petit modèle, construit pour tirer sur un trépied, était exposé à côté du grand modèle sur roues. Une autre mitrailleuse à 2 canons et montée sur trépied était aussi exposée sous le nom de Gardner Gunn. En Suisse, une mitrailleuse à canons juxtaposés système Albertini : elle comporte 10 canons du calibre de 11 millimètres et tire de 500 à 700 coups par minute. Poids avec l'affût, 270 kilog. Enfin, au milieu de la salle des armes

portatives françaises, un canon Hotchkiss a remplacé pendant la dernière partie de l'Exposition la canardière monstre qui figurait à cette place pendant les premiers mois.

L'Espagne avait aussi exposé une mitrailleuse construite en 1819 ; elle comporte sept canons de gros calibre et rayés. Le feu est mis par une espèce de platine à pierre. C'est une arme très-curieuse au point de vue historique. Nous retrouvons aussi, soit exposés par les gouvernements eux-mêmes, soit le plus souvent dans les vitrines des fabricants d'armes, les différents fusils de guerre que nous avons déjà décrits : Beaumont, Vetterli, Remington, Berdan, Henry-Martini, etc.

Quelques systèmes nouveaux ont été exposés par des inventeurs; malheureusement il était très-difficile de se procurer des renseignements sur ces armes. Citons cependant le fusil présenté par M. le capitaine hollandais Inde, il paraît fort compliqué et peu propre à être confié à des soldats. Le fusil à répétition Bertaldo que nous n'avons pu contempler qu'à travers les glaces de la vitrine.

Quelques fusils exposés dans la section française : Tassine, Cancalon, déjà décrits dans les *Études sur l'Exposition de 1867*. Enfin, les fusils exposés par M. Nouvelle, armurier à Angoulême. Ces fusils se rapprochent beaucoup dans leur ensemble du fusil français modèle 1874. Cependant ils présentent avec lui de notables différences dont quelques-unes sont de réels perfectionnements. L'Exposition était on le voit aussi pauvre que possible en armes et engins de guerre.

Il ne faut cependant pas oublier de signaler de très-belles collections d'armes anciennes qui figuraient à la revue rétrospective. On ne peut décrire ces armes dont le mérite tout artistique ne peut être apprécié que par les yeux. Mais ceux qui les ont admirées nous sauront gré de leur rappeler ces échantillons splendides d'un art disparu. L'exposition algérienne et celle du royaume de Tunis contenaient aussi quelques beaux spécimens des armes à feu toutes spéciales aux pays arabes.

Armes de chasse et de luxe.

Les armuriers de Paris. — Mme Ve Léopold Bernard est à peu près le seul fabricant de canons de Paris. Cette fabrication est très-limitée et ne prendra pas d'extension si ses prix restent aussi élevés. Madame Bernard expose des produits de sa fabrication qui sont très-soignés. Comme exemple de difficultés vaincues, mais non comme arme dans le sens pratique du mot, il faut citer un énorme fusil à deux coups. La grande canardière qui attirait les curieux est aussi sortie des ateliers de madame Bernard.

M. Brun exposait des fusils de chasse de tous systèmes qui paraissaient bien faits. Rien de frappant, rien de nouveau.

M. Claudin était dans le même cas, son fusil à crosse d'ébène sculptée ne peut être compté comme une nouveauté. Les *Études sur l'Exposition de 1867* en ont parlé, en lui reprochant dès cette époque d'avoir déjà paru à plusieurs expositions.

M. Fauré-Lepage est une des plus anciennes maisons d'arquebuserie existant en France, son exposition était riche en armes de luxe ; on y remarquait des fusils avec incrustations d'or d'un bel effet, des pistolets de tir dont les crosses sont en argent repoussé ; un revolver avec incrustation de différents métaux. Au point de vue de l'arquebuserie proprement dite, on peut citer un revolver à recouvrement mobile (système Fauré-Lepage) et un nouveau mode d'attache de canon au fût qui permet la séparation et la réunion rapide de deux parties. Inutile d'ajouter que la vitrine renfermait des spécimens très-soignés d'armes à percussion centrale.

M. Gastine Renette exposait aussi un système de réunion du canon au bois. Il a pris un brevet ainsi que pour un pistolet de tir de son invention. On voyait aussi dans les vitrines des armes de luxe soignées et qui flattaient l'œil.

M. Houllier Blanchard offrait à la vue du public un certain nombre d'armes courantes bien traitées. Nous n'avons remarqué aucune tentative pour sortir de la voie commune.

M. Jarre a exposé un fusil qui lui est spécial. C'est une arme à trois coups avec un seul canon. Les trois tonnerres juxtaposés forment une plaque horizontale mobile et viennent successivement se placer en face du canon. Ce mouvement est obtenu par la pression du doigt sur une seconde détente placée dans la sous-garde. C'est une modification du revolver. L'aspect général n'a pas gagné au changement de disposition. Il convient cependant de signaler cet essai : la voie où s'est engagé M. Jarre peut avoir de l'avenir. A coup sûr, son fusil n'est pas banal, ce qui est déjà un mérite.

MM. Laffiteau et Riéger ont pris la suite des affaires de la maison Lefaucheux, rue de Richelieu. Leur exposition ne présentait aucune arme ayant une importance particulière au point de vue des progrès de l'arquebuserie.

M. Lagrège se contente de fabriquer des armes courantes.

M. Lainé exposait de nouveau son fusil à trois coups qui figurait déjà à l'Exposition de 1867. Je ne sais si la nécessité d'un troisième coup est bien impérieuse, en tout cas le fusil de M. Lainé n'est pas gracieux et son aspect n'est pas agréable à l'œil. D'ailleurs le poids généralement admis étant tout juste suffisant pour établir une arme à deux canons dans de bonnes conditions, il n'y a pas lieu de chercher la multiplication des coups dans l'augmentation du nombre des canons.

M. E. Lefaucheux a inventé un fusil à percussion centrale, qui a au moins le mérite de sortir du type banal connu sous le nom de modèle anglais, mais il a le tort de ressembler paraît-il à un autre fusil breveté, le fusil Tassine. Tassine a cédé son brevet à mademoiselle de Veyny et celle-ci a fait saisir les fusils de M. Eugène Lefaucheux.

M. Noblin exposait des armes bien faites, mais appartenant toutes à des types connus.

M. Rochatte n'a exposé aucune arme attirant spécialement l'attention.

M. Weil offre dans sa vitrine des échantillons d'une fabrication soignée, mais il n'a pas tenté de sortir des types admis par tous ses confrères.

Les armuriers de Saint-Etienne et de Province. — Les fabricants de Saint-Etienne qui ont exposé sont peu nombreux, cependant il se fabrique beaucoup plus de fusils à Saint-Etienne qu'à Paris. On ne peut guère expliquer les abstentions, que par la crainte de mécontenter les armuriers qui servent d'intermédiaires près du public. Cette quasi absence des fusils de Saint-Etienne est d'autant plus regrettable que les fabricants soumettent leurs canons aux épreuves réglementaires qui sont restés en honneur dans cette ville. Le lecteur n'est pas sans avoir entendu dire qu'il n'en était pas de même à Paris. Sans vouloir entrer ici dans une polémique délicate, nous pouvons cependant exprimer le regret de voir une partie des fabricants d'armes françaises accusés de ne pas se soumettre aux sages prescriptions du décret de 1810. On peut d'ailleurs constater que les épreuves auxquelles sont soumises les fusils de Liége et de Saint-Etienne n'a pas gêné le développement de l'industrie des armes dans ces villes qui ont vu leur fabrication progresser, tandis qu'à Paris elle va constamment en diminuant. Peut-être même en cherchant bien, trouverait-on plus de produits stéphanois qu'on ne le pense au premier abord, mais ils sont disséminés, et un repassage plus ou moins soigné leur a fait un nouvel acte de naissance.

En 1877, le Jury de l'Exposition d'Angoulême, sur le rapport de deux capi-

taines d'artillerie, a décerné le grand prix d'honneur à un arquebusier de la ville, M. Nouvelle. Les armes exposées en 1878 par M Nouvelle étaient, outre les fusils de guerre dont nous avons déjà parlé : 1° une série de fusils de chasse du modèle anglais; 2° des fusils à percussion centrale suivant l'axe, système Nouvelle; car tous sont reliés à la pièce de culée par 3 crochets dans lesquels viennent se loger 2 verrous; le premier permet d'ouvrir et de fermer la culasse, le second permet de démonter le canon; 3° un fusil à canons superposés qui n'est pas terminé; 4° des platines et pièces séparées; 5° enfin des canons ayant subi des épreuves progressives, ces canons sont en acier doux fondu provenant de l'usine Martin de Sireuil; des barreaux éprouvés à la machine à traction, (voir *Fabrication du canon d'acier*) qui permettent de se rendre compte de la qualité du métal employé. Il faut surtout féliciter M. Nouvelle de ne pas accepter les yeux fermés les modèles d'armes qui ont la vogue; il en reconnaît les inconvénients et cherche à y remédier, et contribue ainsi à pousser la fabrication des armes dans la voie du progrès. Les efforts intelligents pour sortir de la voie battue sont trop rares aujourd'hui parmi les armuriers français pour n'être pas signalés et encouragés.

Belgique. — Les sections des armes belges était la plus importante des expositions étrangères. Cependant, on peut constater que la fabrication des armes de guerre a sensiblement diminué; en effet, tous les états mêmes les plus petits se sont outillés pour fabriquer eux-mêmes les armes dont ils ont besoin. En même temps la fabrication des armes de luxe a progressé et surtout les prix ont diminué grâce aux installations mécaniques. Nous rappelons que tous les canons de Liége passent au banc d'épreuve dont les réglements ont été fixés par le décret de 1810. Parmi les armes de chasse, citons le fusil de MM. Lepage et Chauvot à percussion centrale avec percuteur suivant l'axe : le ressort moteur est à deux branches, la fermeture est à volute. Dans la même vitrine on remarquait un fusil Lefaucheux dont les canons sont en aluminium. Une collection de canons de tous genres était exposée dans la vitrine de MM. Heuse et Mairlot. Cette maison applique le reforage Tixhon, l'un des reforages aujourd'hui en faveur. Les canons doubles d'une seule pièce de la maison Pieper sont encore à signaler.

La vitrine de M. Galand qui exposait, outre des fusils de guerre de modèles connus : Winchester, Veterli, etc , une collection de fusils de chasse dont les canons ont reçu le reforage choke-bored. Au début le canon se rétrécissait par un ressaut brusque; comme il eût été facile de le prévoir, ce ressaut à angles vifs était promptement usé et se transformait en tronc de cône. Aujourd'hui les canons reçoivent la forme indiquée par l'expérience et le *choc* n'existe plus qu'à l'état de souvenir qui se perpétue par le nom du système. Le but qui est de concentrer le plomb et d'éviter la trop grande dispersion paraît être atteint. On remarquait encore dans la section belge un chevalet banc de tir qui paraît bien conçu, il est de M. Ladry de Bruxelles.

La vitrine de M. Vivario-Plombeur était un véritable musée d'armes à feu appartenant à tous les pays. Cette collection a été achetée par les commissaires japonais.

Angleterre. — Les armes anglaises exposées étaient presque toutes à percussion centrale et du modèle dit anglais. Quelques fabricants ont cependant cherché à diminuer l'inclinaison excessive du percuteur dans le système primitif. Dans un certain nombre de fusils cette pièce tend à se rapprocher de l'axe du canon. L'ensemble de toutes ces armes était satisfaisant comme fabrication sinon toujours comme goût. On attache avec raison une grande importance aux épreuves

subies par les armes, et certains fabricants ne craignent pas d'appliquer des poinçons à des endroits très-apparents.

Les autres pays ne présentaient que des échantillons peu nombreux de modèles généralement connus et dont les canons sont presque toujours empruntés soit à l'Angleterre (Birmingham,) soit à la Belgique (Liége), soit à la France (Saint-Etienne et Paris).

Signalons en terminant une branche de l'industrie des armes qui a fait de très-grands progrès depuis 1867. Nous voulons parler de la fabrication des cartouches métalliques; l'emboutissage des étuis en laiton est parvenu à un grand degré de perfection, on a même réussi à emboutir parfaitement des étuis en acier. Comme difficulté vaincue nous admirons sans réserve ce dernier résultat, mais au point de vue pratique, ces cartouches, soi-disant inaltérables, nous paraissent devoir se détériorer infiniment plus vite que celles en laiton. Si l'on songe en effet combien il faut de précaution pour empêcher les fusils d'être rapidement attaqués par les résidus de la combustion de la poudre, on comprendra aisément que des douilles en acier seront très-vites rongées par la rouille. Nous ne pouvons considérer ces engins comme un progrès.

En résumé, la substitution du fusil à percussion centrale au fusil à broche est un fait accompli. Les recherches des armuriers tendent à rapprocher le plus possible de l'axe les percuteurs qui étaient très-obliques dans les premiers modèles. Il nous paraît aussi indispensable que l'on puisse voir du premier coup d'œil si l'arme est chargée ou non. Quand ces difficultés seront surmontées, on aura constitué une arme dans d'excellentes conditions de sécurité et de commodité.

LACOUTURE.

LA NAVIGATION DE PLAISANCE

PAR

MM. Lucien More et Méo

Rédacteurs du Journal le *Yacht*

SOMMAIRE

I. — COUP D'ŒIL RÉTROSPECTIF.

Nous n'avons pas l'intention de rechercher les origines de la navigation. Nous ne pourrions le faire qu'en tombant dans la fable, et ce serait mentir à la pensée qui préside à cette publication, destinée à consacrer les progrès tout positifs accomplis par l'industrie moderne, et peu faite, par conséquent, pour s'accommoder des inventions de la mythologie. Mais si nous voulons éviter tout ce qui pourrait paraître un étalage d'érudition qui n'est ni dans nos goûts ni, avouons-le, dans nos moyens, nous ne jugeons pas sans intérêt une rapide excursion dans les choses du passé. Ce coup d'œil rétrospectif peut, en effet, fournir au lecteur un élément de comparaison qui lui permettra de mieux apprécier les progrès accomplis. Nous tâcherons d'ailleurs de rester, autant que possible, dans les limites que nous impose notre programme, c'est-à-dire de nous consacrer presque exclusivement à la navigation de plaisance.

Hâtons-nous de l'avouer, la connaissance que nous avons de la marine de l'antiquité est très-imparfaite; quelques auteurs bien intentionnés et très-savants se sont donné la peine de reconstituer les vaisseaux à voiles des anciens et sont arrivés en effet à des résultats merveilleux. En possession de quelque bas-relief informe représentant une coque, un mât et un carré figurant une voile, ils se sont dit : « Les anciens connaissaient certainement l'écoute, car le moyen que sans écoute ils pussent border leur voile ; leurs voiles, si l'on en juge par la puissance des bâtiments, étaient immenses; comment auraient-ils pu les hisser sans le secours d'une drisse; cette drisse elle-même, imagine-t-on qu'elle pût glisser facilement dans une encoche faite au mât? Il est donc évident que la poulie était connue dans l'antiquité. » Et concluant ainsi de ce qui est nécessaire à ce qui a dû nécessairement exister, nos savants font volontiers naviguer les Phéniciens sur des navires que ne désavouerait pas le *Royal Squadron Yacht Club*. Nous suivrons donc plus volontiers les hommes érudits qui, après avoir longtemps cherché, ont dû reconnaître, non que leurs études avaient été absolument stériles, ce serait méconnaître les découvertes précieuses et intéressantes faites par la science, mais que des éléments indispensables à la solution du problème qui nous occupe manquent absolument.

Nous savons, par exemple, que les anciens ont parcouru presque toutes les mers. Les Phéniciens notamment, qui par leur position géographique et par leur situation politique se sont trouvés dans l'impossibilité d'étendre leur puissance du côté des terres, ont tourné leur activité du côté de la mer et sont devenus rapidement les premiers navigateurs du monde. Ils ne se sont pas bornés à parcourir toute la Méditerranée et à s'établir en maîtres, du moins commercialement, sur toutes les côtes de cette mer, mais ils ont certainement envoyé des flottes considérables dans l'Océan et jusque dans la Baltique. Si l'on en croit Hérodote, Néchao, roi d'Égypte, en 605 avant Jésus-Christ, envoya une flotte de Phéniciens pour reconnaître l'Afrique avec ordre de revenir en Égypte par la Méditerranée. Cette flotte partit de la mer Rouge, doubla le cap de Bonne-Espérance, fit le tour de l'Afrique, entra par le détroit de Gadès dans la Méditerranée et revint en Égypte après trois ans de navigation. Enfin les Phéniciens ne bornèrent pas là leurs conquêtes maritimes et pénétrèrent presqu'aux Indes, fondant partout des colonies, que nous appellerions aujourd'hui des comptoirs et rendant le monde connu tributaire de leur activité et de leur audace.

Or la première question qui se présente à l'esprit quand on voit ces navigateurs entreprendre et réussir de si grands voyages, est celle-ci : Comment pouvaient-ils se conduire et faire leur route sans le secours de la boussole? On répond bien qu'ils ne quittaient jamais la côte de vue, et qu'ils ne se hasardaient pas en pleine mer. L'explication n'est pas plausible. En premier lieu toutes les côtes ne sont pas praticables et, bien que les navires employés par les anciens n'eussent, en général, qu'un faible tirant d'eau, ils auraient couru de grands risques à suivre la côte de trop près. Si même, au départ, le navigateur était bien décidé à longer la terre, il est impossible d'admettre que sa résolution ne fut pas contrariée souvent par des événements imprévus. Une tempête soufflant de terre et rendant illusoire l'effort des avirons et impossible l'usage de la voile au plus près, surtout avec des bateaux moins perfectionnés que les nôtres, une brume intense masquant la côte, un courant de marée portant au large, devaient être autant d'accidents de nature à mettre les navires hors de leur route et à les jeter dans la haute-mer. Si les anciens et les Phéniciens notamment s'étaient bornés à faire un seul voyage d'exploration et s'ils avaient limité leur ambition à poser dans des terres lointaines un témoignage unique de leur audace, l'hypothèse d'un voyage le long des côtes et sans qu'il se fût produit aucun des accidents énumérés plus haut serait admissible. Ce voyage exceptionnel aurait pu être précédé de tentatives malheureuses dont l'histoire n'aurait pas fait mention car elle n'enregistre guère, dans ce cas, que les succès. Mais il n'en est pas ainsi : les Phéniciens, gens pratiques, se souciaient fort peu de la gloire et leur but en étendant le cercle des investigations humaines était d'étendre ce que nous appellerions aujourd'hui le cercle de leurs affaires. Ils fondaient partout des établissements et entretenaient avec eux un commerce régulier et lucratif. Ils devaient donc être prémunis contre les dangers auxquels nous venons de faire allusion et posséder un moyen pratique et suffisamment sûr de se conduire en haute mer.

Ici les savants se sont donné beau jeu. Chacun a voulu présenter son système, mais aucun d'entre eux n'en a fourni un satisfaisant. Le P. Fournier dont le nom fait autorité dans les questions d'archéologie navale, est tombé lui-même dans le travers que nous avons reproché aux érudits dès le début de cette étude. Préoccupé du problème dont nous venons de poser les termes, il a voulu trouver une solution quand même, et, reconnaissant que la boussole est indispensable pour faire sa route, il a généreusement doté les anciens de la boussole. Il veut que le mot *versoria* dans *Plaute* signifie une boussole. Ce poëte s'exprime ainsi : *Hic secundus ventus non est, carpe modo versoriam.* L'interprétation

du P. Fournier est de pure fantaisie; il ne s'ensuit pas de ce que le vent est contraire qu'il soit nécessaire de consulter la boussole. *Versoria* signifie un cordage, le mot a été souvent traduit ainsi, et dès lors le personnage de *Plaute* commande une manœuvre toute naturelle : *le vent devient défavorable, borde l'écoute.*

Les hypothèses d'autres érudits ne sont guère plus admissibles que celles du P. Fournier. La plus vraisemblable toutefois est que les anciens, très-avancés en astronomie ont pu adapter cette science aux procédés de navigation et diminuer, grâce à elle, sans les supprimer, les incertitudes qu'elle entraîne. Peut-être ont-ils su réduire l'observation du mouvement des astres à quelques formules simples et pratiques à l'étude desquelles se vouaient les navigateurs. On serait d'autant plus porté à le croire que de récents travaux ont démontré à quelle perfection les Égyptiens ont su porter l'étude de l'astronomie. C'est de ce côté que les savants devraient, à notre avis, porter leurs recherches. Le problème est intéressant. Quant à nous, nous nous garderions bien de risquer à notre tour une hypothèse et nous nous excusons même de nous être laissé aller à poser cette question qui sort de notre sujet, mais qui s'impose à l'esprit dès qu'on touche à la navigation dans l'antiquité.

Qu'on nous permette seulement de manifester le regret que les documents destinés à reconstituer la marine ancienne soient si rares et manquent autant de précision. C'est dans des phrases incidentes tirées des ouvrages des historiens, dans des allusions des poëtes satiriques, ou dans des inscriptions souvent informes qu'il faut chercher ou plutôt deviner les éléments nécessaires à traiter un pareil sujet. La raison en est bien simple : les écrivains techniques devaient être rares dans l'antiquité et, pour ne parler que de la science dont nous nous occupons, les constructeurs de navire devaient employer des procédés empiriques, transmis de père en fils, plutôt qu'ils ne se conformaient à des principes scientifiques. Archimède s'est bien intéressé un moment à la construction des navires et a donné les plans d'une immense galère dont nous parlerons plus loin, mais ce concours donné à la marine par un savant est un fait rare, et il est probable que l'architecte naval était le plus souvent un industriel peu lettré. D'un autre côté, les écrivains de profession devaient se soucier fort peu de produire un ouvrage tout de précision et, par conséquent, peu fait pour ajouter à leur célébrité. Il fallait la diffusion des lumières qui marque l'époque contemporaine pour donner aux ouvrages techniques la part à laquelle ils ont droit et assurer aux âges futurs la connaissance complète de notre temps.

Contentons-nous donc de quelques allusions ou de quelques traits égarés dans les auteurs connus. Ils nous suffisent d'ailleurs pour établir que la navigation de plaisance fut en honneur dans les siècles passés, car les anciens, et les Romains surtout, ne nous ont rien laissé à inventer sous le rapport du confort et des jouissances matérielles ou morales. Il est évident même que l'usage d'avoir un bateau à soi était entré assez profondément dans les mœurs. *Horace* dans une de ses épîtres, s'exprime ainsi :

Quid pauper? ride; mutat cœnacula, lectos
Balnea, tonsores; conducto navigio æque
Nauseat ac locuplex, quem ducit priva triremis.

C'est-à-dire : « Que dites-vous? Qu'il est pauvre? rions-en : il change d'appartement, de lit, de bains, de barbier; il vomit sur son navire de louage absolument comme un homme riche sur sa trirème particulière ». Dans une de ses odes, Horace dit encore :

« .... *Sed Timor et Minœ*
« *Scandunt eodem quo dominus : Neque*
« *Decedit œrata triremi, et*
« *Post equitem sedet atra cura.*

C'est là que Boileau a probablement pris ce vers passé en proverbe :

Le chagrin monte en croupe et galope avec lui.

Toutefois le poëte latin a employé deux figures dont l'une est faite pour nous toucher : Mais la crainte et la menace suivent partout le maître ; elles montent avec lui et sur le pont de sa trirème ornée d'airain, et sur la croupe de son cheval.

Plaute, dans sa comédie intitulée « Rudens » nous montrè que les Anglais n'ont pas inventé le yacht ; bien plus, qu'ils n'ont inventé ni le *spleen* ni le moyen de s'en guérir en parcourant les mers ; Gripus, devenu riche et ne voulant pas supporter un ennui, s'exprime ainsi :

« *Post animi caussâ mihi navem faciam*
« *Atque imitabor Stratonicum :*
« *Oppida circumvectabor.* »

Autrement dit : « Je secouerai cette inquiétude, je me ferai faire un vaisseau et j'imiterai Stratonicus, je me mettrai à parcourir les villes. »

En voilà assez pour démontrer que l'usage d'avoir un bateau pour son service exclusif, disons franchement un *yacht*, était assez répandu pour que le public ne fut pas étonné d'en entendre parler dans une comédie familière.

Quant aux jeux nautiques, ils remontent beaucoup plus loin que l'époque d'Horace ou de Plaute. Que nos lecteurs évoquent leurs souvenirs classiques ou, pour plus de sûreté, qu'ils reprennent leur Virgile. Les 100 premiers vers du 5e livre de l'Enéïde sont bien faits pour les intéresser ; il s'agit d'une course de bateaux. Nous voulons borner nos citations latines, mais qu'on lise cet immortel compte-rendu et l'on verra que les anciens mettaient autant d'ardeur et de passion à ces luttes que nous en pouvons mettre nous-mêmes. Il ne nous manque qu'un poëte pareil pour les chanter.

Les anciens, et nous entendons par là les Asiatiques, aussi bien que les Romains et les Grecs, portèrent à un degré excessif le confort et le luxe. Quand on lit à ce sujet les ouvrages dans lesquels se trouvent décrites les manifestations fastueuses de leur goût pour tout ce qui était beau ou riche, on en est ébloui. Il est évident qu'ils ont dû apporter dans la construction et l'ornementation de leurs bateaux de plaisance cet éclat que l'on retrouve dans toutes leurs productions. Et, en effet, les descriptions qui nous sont restées de leurs navires semblent réellement fabuleuses et paraîtraient d'une véracité douteuse, si l'histoire n'était pas là pour rendre vraisemblable un luxe dont l'exagération se faisait sentir dans toutes les manifestations de la vie extérieure chez les anciens.

Sésostris, au dire de ses biographes, possédait « un navire doré au dehors et argenté au-dedans », qu'il envoya à Thèbes, pour en faire présent à l'idole qu'il y honorait.

Denis de Syracuse, ayant une querelle avec Phocion, qui était plus aimé du peuple que lui, fit faire une galère dans laquelle il logeait avec sa femme, ses parents, ses amis et toute sa suite, c'est-à-dire avec plus de 6,000 personnnes. Cette galère restait à quai pendant le jour et gagnait la haute-mer à l'entrée de la nuit.

Caligula en avait fait construire une de bois de cèdre, dont la poupe était

toute d'ivoire, enrichie de pierreries, et qui renfermait des salles et des jardins couverts d'arbres.

La galère de Cléopâtre est célèbre. La maîtresse de Marc Antoine fit construire, pour aller rejoindre son amant, un magnifique navire « dont les rames en bois de cèdre étaient délicatement ornées ». Un dôme, supporté par des colonnes de marbre rare aux chapiteaux dorés, abritait la poupe du bâtiment. Là, Cléopâtre, en costume de Vénus, au milieu des femmes de sa cour et de jeunes garçons, les premières déguisées en néreïdes, les seconds en tritons, participait à l'imitation lascive des jeux folâtres des dieux de la mer. C'est ainsi et au milieu de cette débauche qu'elle se rendit à cette fameuse bataille d'Actium, dans laquelle les vaisseaux d'Auguste, moins riches mais mieux armés changèrent en défaite honteuse cette marche triomphale commencée trop tôt.

Un autre bâtiment dont le renom est venu jusqu'à nous, est celui d'Hiéron. C'est à ce gigantesque navire de plaisance que nous faisions allusion plus haut, quand nous citions le nom d'Archimède. Ce fut Archimède lui-même qui en donna les plans. Cette galère immense avait trois étages ou trois ponts. Voici comment M. Léon Renard, dans son ouvrage sur l'*Art naval* résume la description qu'en fait Athénée : « Cette galère fut construite en un an par trois cents charpentiers, accompagnés de leurs aides. Ils y employèrent autant de bois qu'il en eut fallu pour bâtir soixante galères ordinaires. Elle avait trois étages ou trois ponts. Le plus bas, sorte de cale, servait à placer le lest et les marchandises; dans celui du milieu, on trouvait trente chambres de quatre lits chacune; enfin sur le pont un pavé en mosaïque représentait la guerre de Troie. Au-dessus d'une partie du tillac, s'élevait encore une sorte de galerie remplie d'arbustes et de fleurs rares, au milieu desquels était à demi-cachée une dunette formant salon, pour les femmes, et somptueusement parée en agathe et en corail. Toutes les parois intérieures de cette galerie étaient revêtues de boiseries délicatement incrustées d'ivoire, d'argent et de nacre. Le navire renfermait une salle commune, une bibliothèque et un corps de garde pour les soldats, défendu par de grosses tours de bois, remplies d'excellentes machines de guerre. Cette galère monstrueuse était de douze mille tonneaux, si bien que ne trouvant dans la Sicile aucun port capable de lui donner asile, Hiéron dut se décider à en faire hommage au roi d'Égypte ».

Suivant le même auteur, certain vaisseau de Ptolémée Philopator ne fut ni moins colossal, ni moins splendide : « Sa longueur était de 420 pieds, sa largeur de 60. Il était, depuis le fond, partagé en douze étages; sa proue s'élevait de 72 pieds au-dessus de la mer. Un triple éperon armait l'avant de ses pointes bizarres. Quarante rangées de rames poussaient sa masse gigantesque; celles du dernier ordre avaient 72 pieds de longueur, mais le manche, chargé de plomb les maintenait en équilibre et faciles à mouvoir. Deux mille soldats garnissaient les plate-formes des tours ainsi que la galerie posée au-dessus des rames. Des bosquets, des parterres semés des fleurs les plus rares, peuplés des oiseaux les plus curieux récréaient par leurs couleurs variées les regards de l'orgueilleux monarque; les métaux les plus précieux rehaussaient sa poupe sculptée et couraient en capricieuses ornementations le long de ses vastes flancs; ses voiles de pourpre à la trame d'or étincelaient tour à tour de leurs, doubles reflets. Quatre larges avirons, servant de gouvernails, coupaient de leur surface dorée les teintes chatoyantes du riche navire réfléchi dans les eaux. Assis sur un trône magnifique, qu'entouraient les seigneurs de sa cour couverts de leurs plus splendides vêtements, le roi présidait au son des fanfares, à la navigation de cette masse imposante. »

L'esprit pratique de notre temps soupçonnera peut-être quelque exagération sinon dans ce qui regarde la richesse des ornementations, du moins dans le

détail des dimensions indiquées par Athénée. Il est certain que les rames de 72 pieds de long devaient être difficilement maniables, même avec un contre-poids en plomb. Cette proue élevée également de 72 pieds au-dessus de l'eau devait offrir au vent une surface telle que le tirant d'eau, généralement très-faible dans les navires anciens n'aurait jamais pu la compenser. Mais, sans prendre à la lettre la description d'Athénée, il est constant que la mode d'avoir un bateau pour son usage particulier et de l'orner fastueusement était fort répandue chez les anciens.

Nous pourrions, remontant jusqu'au siècle dernier, trouver d'autres exemples de riches et gigantesques navires qui se rapprochent de ceux dont nous venons de parler, mais nous ne voulons pas abuser de cette résurrection du passé. La « *Nave* » de Byzance, au XIIe siècle, la « *Charente* » au XVe, le « *Great-Harry* » et la « *Françoise* » au XVIe, perpétuèrent la tradition des grands navires. Mais outre que ce furent là des vaisseaux de guerre plutôt que des bâtiments de plaisance, nous retrouverions toujours la description de ce même luxe et de cette même ornementation surchargée, qui marque l'élégance des constructions jusqu'à nos jours. C'est là, en effet, le caractère distinctif de la marine qui a précédé notre époque. L'industrie moderne, plus logique dans ses déductions, comprend autrement le luxe quand il s'agit de productions destinées à rendre un service matériel. Le beau résulte aujourd'hui, non point des matières plus ou moins riches, plus ou moins précieuses, employées à la construction du navire, mais de l'élégance de ses formes, élégance qui résulte uniquement des lignes destinées à le rendre plus propre à la marche, de la juste proportion de sa coque et de sa voilure, de la précision avec laquelle il a été ajusté, de la hardiesse de sa mâture. En un mot, un *yacht* est élégant par cela seul qu'en le voyant on juge qu'il devra bien tenir la mer et bien profiter de l'effort du vent.

Sénèque, dont l'esprit réfléchi s'accommodait mal des excès de ses concitoyens, nous montre que, déjà de son temps, on comprenait les qualités d'un bon navire. Il prévoyait dans tous les cas celles qu'il fallait lui demander : « Un bon navire, dit-il, n'est point celui qu'on peint de couleurs tranchantes et qui a un éperon d'argent ou d'or massif, ni celui qu'on a orné de figures d'ivoire qui représentent les dieux qui le protégent; mais un navire doit être appelé excellent quand il est fort de bords et ferme à la mer, quand tous les dehors en sont bien joints et bien calfatés, qu'il résiste aux efforts continuels des vagues, qu'il obéit au gouvernail et porte fièrement sa voilure ».

Nous allons voir dans la suite de ce travail si le vœu de Sénèque a été exaucé.

II. — LA NAVIGATION DE PLAISANCE COMPARÉE AUX AUTRES GENRES DE SPORT.

Les avantages que présente, comme sport, la navigation de plaisance, sont tellement évidents pour ceux qui ont la bonne fortune de s'y livrer qu'ils se demandent s'il est bien nécessaire d'insister sur une démonstration acceptée d'avance. Et cependant, à voir l'indifférence avec laquelle le public a accueilli jusqu'ici tout ce qui se rapporte au yachting, il semble qu'une propagande active est absolument indispensable pour en répandre le goût en France. Ce n'est pas dans cet ouvrage, fait pour constater des résultats acquis, que nous pouvons entreprendre une campagne dans ce but, mais il nous sera permis toutefois de stimuler, à ce sujet, le zèle et le dévouement des amateurs.

Certes, nous ne voudrions pas médire de la gymnastique, de la chasse, de

l'équitation, ni des autres exercices du corps. Nous les tenons tous pour utiles et nécessaires à la conservation de la santé physique et morale. Mais parmi ces différents sports, en est-il un seul qui puisse être comparé à la navigation de plaisance, pour la variété des exercices physiques auxquels il oblige, pour les conditions atmosphériques dans lesquelles il s'exécute, pour les qualités morales qu'il emploie, prudence, sang-froid, décision, courage, autorité? etc... Et en effet l'amateur, digne de ce nom, c'est-à-dire celui qui entend jouer à son bord un rôle actif et intelligent, c'est-à-dire celui qui a fait l'apprentissage nécessaire pour être un bon manœuvrier et un bon commandant, ne doit-il pas tendre à réunir toutes les facultés que nous venons d'énumérer?

Le chasseur pourra acquérir un bon jarret et un coup d'œil sûr. Le gymnaste sera certainement un homme vigoureux, souple, gracieux dans ses mouvements et précieux dans un incendie. Le cavalier aura la jambe ferme, quoiqu'un peu arquée, et aura peut-être acquis un certain sang-froid. Mais quelle est celle de ces qualités qui sera refusée au yachtsman, devenu maître dans son art? Manœuvrier, il aura le pied assuré comme le chasseur, la jambe et les reins souples comme le gymnaste ou le cavalier, commandant, il sera tenu de faire preuve d'un sang-froid d'autant plus grand qu'il n'aura pas, comme le cavalier, à défendre seulement sa vie, mais encore celle de son équipage, sans compter qu'il aura à sauver son navire. Là ne se bornent pas les qualités nécessaires du yachtsman. Comme les amateurs d'autres sports, et plus qu'eux, il devra développer ses forces physiques et morales, mais il devra, en outre, faire appel à ses forces intellectuelles. Il a devant lui, en effet, toute une science à apprendre et une science si vaste que les marins vieillis au métier sentent encore à la fin de leur carrière le besoin de l'étudier. Empressons-nous d'ajouter, pour les esprits timides, que les débuts de cette science n'ont rien de rebutant, et, pour les caractères doués de peu de ténacité, que chacun peut, une certaine somme de savoir une fois acquise, s'y tenir et en tirer des jouissances suffisantes pour faire bonne figure sur mer.

Et, à présent, quand nous avons énuméré les bienfaits qu'un homme jeune peut tirer, et pour le développement de son corps, et pour l'accroissement de ses forces morales de ce complément d'éducation, que dire des plaisirs variés et infinis qu'entraîne la pratique de ce sport en elle-même? Voyager, voyager chez soi, dans une indépendance absolue, si absolue même que l'on devient tout d'un coup la loi et son arbitre pour l'équipage qui vous entoure, lutter avec les éléments et les dominer, jouir des magnifiques spectacles que donne la mer; partir, c'est-à-dire laisser l'ennui derrière soi; arriver, c'est-à-dire avoir accompli une œuvre quelquefois périlleuse et trouver le nouveau, l'imprévu; n'y a-t-il pas là de quoi séduire l'imagination des jeunes gens et leur faire prendre en dégoût ces plaisirs coûteux qui deviennent si facilement des dangers pour leur santé et pour leur avenir?...

Juge-t-on que nous le prenons d'un peu haut? Nous répondra-t-on que le monde et surtout les jeunes gens sont peu sensibles à ces considérations tirées de la raison et du bon sens, que la vanité joue un grand rôle ici-bas et particulièrement en France, que l'on aime à briller et que les plaisirs les plus courus sont ceux qui vous mettent le mieux en évidence? Nous ne sommes pas rigoristes, nous ne prêchons pas et nous admettrons l'objection. Dieu nous garde même d'un mot de blâme; nous tenons compte des faiblesses humaines, des nôtres. Nous savons très-bien que là se trouve le secret du succès auquel sont parvenues les courses de chevaux. Mais ce que nous ne comprenons pas c'est que les jeunes gens, épris de luxe, ne voient pas dans la navigation de plaisance un moyen, plus poëtique et plus avantageux que tous les autres, d'obtenir un relief justement acquis. Le luxe d'un yacht n'est pas banal et le

yachtsman qui franchit sur un joli navire, élégant et fin de formes, coquettement peint, reluisant de cuivres bien polis, portant hardiment une large et haute voilure, bondissant sur la lame, les passes d'un port à la mode peut ressentir justement ce petit mouvement de fierté satisfaite que n'éprouve certainement pas le propriétaire d'une écurie célèbre, alors que son cheval couvert de sueur, allonge le cou en rentrant dans l'enceinte du pesage, sur le turf de Longchamps.

C'est ce que les Anglais ont admirablement compris, et puisque nous empruntons à l'Angleterre sa science hippique, son jargon et ses modes douteuses, imitons-là dans ses goûts pour la mer et les bateaux de plaisance. Les rapports du Jockey-Club français, nous font savoir que *trois millions six cents mille francs* ont été distribués en prix dans le courant de l'année 1878, pour les courses de chevaux. Nous avons sous les yeux le total des sommes données en prix, pour la même année, aux courses de yachts ; nous n'osons pas l'écrire. On verra au contraire, quand nous examinerons la situation du yachting en Angleterre, que dans ce pays, au moins, le turf ne fait pas de tort à la navigation de plaisance. C'est un exemple à imiter.

Toutefois gardons-nous de nous lamenter. Nous sommes en progrès et en progrès sensible. Nous constatons, sur ce point très-intéressant à tous les titres, un réveil encourageant. Nous ne sommes qu'au point de départ, mais enfin nous nous mettons en route. Il y a quelques années, une propagande, même très-active, aurait été sans effet, car le public n'en aurait même pas soupçonné la portée; aujourd'hui, au contraire, si l'idée n'est pas encore suffisamment pratiquée, elle est comprise ; encore un effort, quelques exemples et la mode, c'est-à-dire la puissance, sera avec nous.

III. — L'EXPOSITION DE 1878.

Il s'est passé à l'Exposition universelle de 1878 un phénomène singulier.

A la suite de l'Exposition de 1867, M. Éveillard, ancien officier de marine, chargé par l'éditeur de la publication actuelle de faire un travail analogue à celui-ci s'exprimait dans les termes suivants :

« L'Exposition de tout ce qui concerne la navigation de plaisance, située en partie sur l'eau, en partie dans de vastes salles, est assez complète.

« Quand des berges du pont d'Iéna on fait face à la Seine, on a devant soi un panorama où se montrent presque tous les types d'embarcations des peuples navigateurs : côtres, yawls, goëlettes de toutes tailles, vapeurs à roues et à hélice; la galère du vice-roi d'Égypte, si élancée, flotte à côté de la massive galiotte hollandaise, et la fine goëlette aux voiles latines à côté du lourd bateau de sauvetage.

« Cette confusion préméditée repose l'œil, en lui permettant de mieux saisir les types caractéristiques de chaque construction... »

Le rédacteur était donc relativement satisfait de l'ensemble. Or, comment se fait-il, qu'à l'Exposition de 1878, alors que la navigation de plaisance est en réel progrès, alors que les sociétés nautiques se sont multipliées, alors que la construction a pris une extension plus grande, comment se fait-il que la navigation de plaisance ait fourni si peu de types, si peu d'éléments d'appréciations ? Nous savons cependant que le comité de la classe 67 a fait tous ses efforts.

L'abstention des amateurs, des constructeurs et des Sociétés est donc injustifiable et nous le regrettons profondément.

Cependant, ce travail ne serait pas complet si nous nous bornions uniquement à rendre compte des œuvres qui sont entrées dans l'enceinte de l'Exposition. Nous arriverions, ayant pour but d'indiquer la situation de la navigation de plaisance dans tous les pays, à des résultats tout-à-fait étranges; et, tout d'abord, il nous faudrait déclarer que ce genre de sport ne donne lieu, en Angleterre, à aucune manifestation appréciable. L'Angleterre, en effet, a envoyé quelques beaux modèles de navires de guerre, ou de transatlantiques gigantesques, mais en fait de yachts, rien ou presque rien.

L'Exposition n'a donc été pour nous qu'un prétexte à parcourir les divers pays où notre sport favori est en honneur et à faire connaître à ceux que ce sujet intéresse les principales Sociétés, les constructeurs les plus habiles, les plus beaux types de bateaux connus. Dans notre revue, nous indiquerons, les œuvres ou les modèles qui ont fait partie de l'Exposition et les récompenses qui ont été décernées.

Une nomenclature relevant dans chaque pays le nombre et la situation de sociétés nautiques, le chiffre des bateaux de plaisance et leur tonnage, les noms des principaux constructeurs, serait sèche et fastidieuse. Le yachting, pour être bien décrit, et présenté sous une forme saisissante doit être surpris en pleine lutte. C'est ce qu'a parfaitement compris M. Lucien More, un connaisseur émérite, un véritable maître dans cet art compliqué de la navigation de plaisance qui oblige l'amateur digne de ce nom à posséder à la fois les principes de l'architecture navale et la connaissance parfaite de la manœuvre, surtout de la manœuvre de course. M. Lucien More qui doit à une étude passionnée de cet art difficile, jointe à une grande expérience personnelle, une compétence reconnue de tous, a accompli sous le titre *le Yachting en Angleterre* un travail remarquable dont la place est toute marquée dans cet ouvrage. On y voit aux prises l'Angleterre et sa rivale l'Amérique. Chemin faisant, l'auteur passe en revue les constructions et les constructeurs en portant sur les hommes et sur les choses un jugement dont la solidité et l'impartialité frapperont certainement le lecteur.

IV. — LE YACHTING ET LES COURSES DE YACHT EN ANGLETERRE.

Le yachting a pris en Angleterre, depuis trente ans un développement si considérable, que pour tout amateur qui s'intéresse aux progrès de la navigation de plaisance et du sport nautique, c'est un sujet d'admiration et d'étude, tout à la fois.

Au commencement de ce siècle, il n'y avait peut-être pas dans toute la Grande-Bretagne plus d'une cinquantaine de yachts à flot. En 1850, le nombre des yachts s'élevait à 500.

L'émulation produite par les courses à la voile autant que le goût des promenades sur mer et des voyages avait contribué puissamment à l'essor du yachting.

A partir de cette époque (1850), l'accroissement du nombre des yachts a été si rapide, que l'*Annuaire des yachts* de Hunt donne, pour 1878, une liste de 3,268 yachts.

Le nombre de yachts, coureurs ou armés, qui était en 1850 de 503, s'élève en 1864 à 895 et en 1878 à 1,883, ainsi répartis d'après le tableau suivant :

	1850	1864	1878
	—	—	—
Nombre de yachts au-dessous de 5 tonneaux .	4	62	160
5 tonneaux et n'excédant pas 9 tonneaux . . .	50	137	300
10 à 19	127	207	403
20 — 29	85	113	180
30 — 37	59	69	96
40 — 50	41	44	89
50 — 60	27	47	50
60 — 80	40	59	88
100 — 150	33	53	87
150 — 200	9	30	48
Au-dessus de 200	10	15	40
Steam-Yachts.	3	33	282

Si on les divise par genre de gréement, on trouve :

	1850	1864	1878
	—	—	—
Cutters	372	574	754
Schooners.	76	207	328
Yawls.	45	54	328
Autres gréements.	7	27	25
Steamers (78 excédant 100 tonneaux)	3	33	47
Tonnage moyen.	44	44	47 tx.
Tonnage total (1)	22,141	39,485	89,420 tx.

Si on compte seulement un homme par 10 tonneaux, on trouve que pour armer cette véritable flotte de bateaux de plaisance, il ne faut pas moins de 10,000 marins d'élite. De tels chiffres n'ont pas besoin de commentaires ; ils montrent les progrès rapides et incessants du yachting en Angleterre. Il serait intéressant de rechercher les causes de ce développement, mais quelque séduisant que puisse être un pareil sujet, il ne nous paraît pas opportun de le traiter quant à présent.

Le but que nous nous proposons aujourd'hui, est simplement de faire connaître le yachting en Angleterre, surtout le yachting de course, et de le montrer à l'œuvre dans les régates de 1878. Aussi nous bornerons-nous à dire que chez une nation où le goût des choses de la mer est tellement entré dans les habitudes, les plaisirs et les mœurs, ce prodigieux accroissement du yachting est une chose logique et qui devait nécessairement se produire au milieu d'éléments si féconds de prospérité.

L'institution de clubs nombreux, répartis sur tous les points du Royaume-Uni a notablement secondé et dirigé ce développement.

En 1850, il y avait 18 yachts-clubs seulement ; en 1878, on en compte 48. Le Royal Cork, le plus ancien de tous, date de 1720 ; le Royal-Squadron, le plus important et le plus illustre par la composition de ses membres, est de 1812; mais au point de vue de l'influence qu'il a eue sur les courses et du nombre de bateaux qu'il a mis en ligne, c'est le Royal-Thames qui occupe le premier rang.

La valeur des prix donnés par ces clubs pour l'encouragement des courses a suivi également une progression constante : le relevé des prix donnés dans le dix dernières années, en est la preuve. De 156,800 fr. (6,210 liv. st.) elle s'est élevée à 335,825 fr. (13,300 liv. st.) comme l'indique la récapitulation suivante :

(1) Ces renseignements spéciaux sont empruntés au journal *Le Field*.

1868	6,218 liv. st.	1874	13,264 liv. st.
1869	6,723 —	1875	12,498 —
1870	7,197 —	1876	13,542 —
1871	7,987 —	1877	13,220 —
1872	10,521 —	1878	13,300 —
1873	11,312 —		

On comprend facilement qu'avec de tels encouragements les régates se soient fondées et propagées sur tous les points des côtes anglaises. Ces régates commencent au mois de mai et finissent dans le courant de septembre, au moment où la saison des équinoxes et des tempêtes qui si souvent les accompagnent, force les yachts à désarmer. On a compté en 1878 plus de 140 courses ou matches à la voile. Ces régates peuvent être divisées en quatre catégories par région. Au nord en Écosse, celles de la Clyde; au centre celles de la Tamise depuis Erith jusqu'à la mer; au sud les régates du Solent (on désigne ainsi le canal qui sépare l'île de Wight de la côte méridionale de l'Angleterre) à l'ouest celles de la Mersey et de la côte d'Irlande.

Les régates du Solent sont celles qui comptent le plus de coureurs; les abris de la côte sont si nombreux, les ports y sont si fréquents et si faciles, le pays est si beau et si attrayant, que tous ces avantages justifient et motivent les réunions de course. La plus célèbre de ces régates, la régate nationale, est celle du Royal Squadron à Cowes, où les plus grands et les plus illustres coureurs se donnent rendez-vous pour se disputer la coupe de la Reine : concours auquel ont droit seulement toutefois les yachts des membres du Royal Squadron.

Le yachting a, pour ses besoins, donné naissance en Angleterre à une industrie spéciale, celle de la construction du yacht, industrie d'une importance immense et avec laquelle aucun pays ne peut rivaliser, si ce n'est peut-être les États-Unis. Il faudrait pouvoir montrer à nos lecteurs et leur faire visiter ces chantiers d'où sortent ces merveilles d'architecture navale d'un goût si pur et si élégant, et qui font leur admiration quand elles viennent se montrer dans nos ports de France. Il faudrait comparer avec eux les célèbres constructions du nord et du midi, car la rivalité est grande entre les chantiers de la Clyde et ceux de la Tamise, et de la Médina, et de la Mersey. La Clyde a Fife de Fairlie qui a produit la merveilleuse *Fiona*, *Neptune*, *Condor* et *Cythera*, la Tamise oppose Harvey de Vivenhoë, le constructeur de *Rose de Devon*, de *Seabelle*, de *Miranda*, le Solent Nicholson de Gosport l'heureux auteur de *Florinda*, Hatcher de Southampton qui a créé l'incomparable *Vanessa* qu'il ne peut égaler depuis; enfin à Cowes, Ratsey le constructeur de tant de yachts fameux à commencer par *Julia* qui a réhabilité en 1853, l'honneur de l'Angleterre compromis par la victoire de l'*América*, le yankee vainqueur de 1851, pour finir par *Kriemhilda*, *Vol-au-Vent* et *Formosa*.

Les chantiers écossais se recommandent par la solidité de la construction et par de remarquables qualités de mer, mais les chantiers du sud revendiquent l'honneur de la perfection du bateau de course, de la vitesse et de l'élégance des formes. Et à côté de cette grande industrie que comporte la construction des yachts, combien d'autres en dépendent pour le gréement, et l'installation de ces magnifiques bateaux où le luxe le dispute au confort le mieux entendu. Yachtsmen français, qui en avez le loisir et qu'une traversée de la Manche n'effraie pas, si vous voulez juger par vous-mêmes du spectacle merveilleux de l'armement des yachts au commencement de la saison, allez à Cowes ; et je vous le dis, comme moi, vous resterez en extase à la vue de cette innombrable flottille, où se pressent des milliers d'ouvriers, de ces immenses magasins qui ont les ressources d'un arsenal et où vous trouverez réunis par ordre de tonnage, tous les approvisionnements nécessaires pour le gréement, la décoration et l'*accommodation* des bateaux.

C'est là que véritablement vous pourrez apprécier l'importance du yachting en Angleterre, et si, plus tard, dans la saison des courses, vous le voyez à l'œuvre, vous aurez connu et compris le secret de ses succès et de sa supériorité.

Avant de passer à la revue des courses de l'année 1878 qui doit compléter cette étude, il nous paraît utile de faire connaître à nos lecteurs français les conditions du régime des courses à la voile en Angleterre.

Le gréement et le tonnage sont la base de la classification des yachts et de leur division en séries.

En 1877 un fait considérable pour le yachting eut lieu, ce fut la création du *Yacht Racing Association* qui avait pour but d'établir en Angleterre l'uniformité du mesurage et de substituer un système nouveau à celui du Royal Thames Club qui faisait particulièrement loi à côté de beaucoup d'autres réglementations. Cette idée fut promptement accueillie, et en 1878, 43 yacht-clubs avaient accepté le nouveau régime établi pour les courses.

Le Yacht Racing association avait procédé par la déclaration des principes suivants :

1° Les courses de classes mêlées (ce que nous appelons en France, courses d'ensemble) ne sont pas bonnes pour montrer la marche relative des yachts, les différents gréements doivent autant que possible être séparés, mais quand les courses mêlées sont inévitables, la règle qui suit doit être observée : Le tonnage des schooners et yawls doit être établi pour le temps d'allégeance, savoir : pour les schooners aux trois cinquièmes de leur tonnage réel, pour les yawls aux quatre cinquièmes de ce tonnage, pourvu que, dans le cas d'un yawl, la bôme de sa grand'voile, quand elle est en place et parallèle au pont, ne dépasse pas de plus d'un cinquième de sa longueur l'arrière de l'étambot sur le pont.

2° Les bateaux à dérive sont exclus des courses de yachts.

3° La classification des yachts faite par le tonnage :

Yachts n'excédant pas 5 tonneaux au-dessus de 5 tonneaux et n'excédant pas	10
10.	15
15.	20
20.	40
40.	80
80 et au-dessus.	

Les schooners et yawls ne sont pas admis à figurer dans les classes de 40 tonneaux et au-dessous avec leur tonnage réduit.

4° Le tonnage se calcule ainsi : La longueur est prise en ligne droite sur le pont du dehors de l'étrave à l'arrière de l'étambot, on en déduit la largeur, ce qui reste est considéré comme longueur conventionnelle pour déterminer le tonnage ; la largeur est prise de dehors en dehors absolument ; on multiplie la longueur par la largeur et le produit par la demi-largeur et on divise par 94 ; e quotient est le tonnage cherché, l'élancement de l'avant compte pour moitié, la voûte entre pour un élément déterminé.

5° L'allégeance de temps est *directement proportionnelle* à la distance parcourue et *inversement proportionnelle* à la grandeur des bateaux.

L'allégeance est comptée à l'arrivée pour la différence de tonnage, d'après une échelle variant suivant la longueur des courses. Bien que certains clubs et des plus importants n'aient pas accepté encore les règles du Royal Racing association, la presque totalité des yachts de course avaient, en 1878, pris leur certificat de jauge, et il y a tout lieu de croire que, dans un avenir très-prochain, le principe de l'uniformité des réglements sera universellement reconnu.

Avec la quantité de régates qui existent dans les ports d'Angleterre, il est facile de comprendre l'intérêt qu'il y avait pour les coureurs à une réglemen-

tation uniforme et pourquoi le Racing association a pu réussir. En effet, tout yacht de course, une fois muni de son certificat de jauge, et porté sur une liste rendue publique peut se présenter partout pour courir; il n'a plus les ennuis d'une constatation de mesurage dans chaque port, il sait d'après son tonnage reconnu dans quelles conditions il court, il connaît la force de ses adversaires, il peut combiner les chances qui sont en sa faveur et celles que la taille de ses concurrents lui oppose. Un des bienfaits du *Racing association* est d'avoir supprimé la ridicule condition « de trois bateaux en présence, ou pas de course » condition qui existait généralement et empêchait les courses d'avoir lieu.

Nous arrivons à la fin de la première partie de cette étude, elle avait pour objet: 1° De faire connaître l'état du yachting en général; 2° D'indiquer les principes qui régissent le yachting de course.

Il nous reste maintenant à montrer à nos lecteurs le yachting sous son côté actif et militant et la part qu'il a prise dans les régates de 1878.

L'histoire du yachting nous apprend que trois choses ont essentiellement contribué au perfectionnement du bateau de course :

1° L'adoption dans la construction des formes américaines;

2° La substitution des voiles plates aux voiles creuses;

3° Enfin, l'emploi exclusif du plomb comme lest.

Notre étude serait incomplète si elle ne comprenait pas sur chacun de ces sujets quelques considérations sommaires :

Il y a une trentaine d'années, surgissaient simultanément en Europe et en Amérique des idées de révolution dans les principes de l'architecture navale. Pendant qu'en Angleterre M. Scott Russell créait la théorie de la ligne de vague, *wave line*, que MM. Bourgois et Moll recherchaient en France les principes de la résistance des carènes, les constructeurs américains, avec leur sens pratique, au lieu de s'occuper à immerger des blocs de différentes formes, pour des expériences de cabinet, mettaient en chantier un navire qui devait être la démonstration du problème posé. C'était l'*America*, construite à New-York, par Georges Steers, un yacht de 175 tonneaux, que le Nouveau-Monde choisissait comme le champion de l'idée nouvelle contre la routine de l'ancien monde personnifiée dans les Yacht-Clubs anglais. L'étonnement fut grand en Europe, quand on apprit qu'un constructeur des États-Unis avait la prétention non-seulement d'entrer en lice contre les yachts invincibles de la Grande-Bretagne, mais aussi d'établir que les formes des navires devaient être renversées et que ce qui était l'arrière devait être l'avant. Les Américains ont exprimé cette idée par ces mots caractéristiques et intraduisibles dans leur laconisme *wrong end foremost*, c'est-à-dire, mot à mot : *Bout inverse en avant.* Quand au mois de juillet 1851, l'*America*, après avoir traversé l'Atlantique, eut gagné à Cowes la coupe de la Reine et battu dans cette course et dans un défi les meilleurs yachts de l'Angleterre, la stupéfaction fit bientôt place à l'admiration. Il ne s'agissait pas en effet de la victoire d'un yacht, quelque éclatante qu'elle fût, il s'agissait du triomphe de tout un système, d'une révolution dans l'architecture navale, et cette révolution, c'était par un petit navire de plaisance qu'elle était opérée.

La construction de l'*América* chavirait toutes les idées reçues. Il était admis jusqu'alors que l'avant d'un navire devait être convexe ou droit et l'arrière fin, que le maître bau devait être en avant du milieu; dans *América*, l'avant était fin, même creux, et l'arrière plein; la maîtresse section était reportée très en arrière du milieu de la longueur (pl. XVII, fig. 9, 14, 12, 24).

Bien que poussés à outrance comme démonstration expérimentale, les principes que l'*América* représentait étaient tellement vrais, qu'ils furent immédiatement acceptés et mis en pratique dans la construction des yachts. Malgré de maladroites exagérations, malgré la résistance de l'esprit national anglais à

reconnaître la supériorité de l'idée américaine, le système nouveau triompha. Il fut plus ou moins modifié, mais le principe général fut admis : tous les yachts de course ont eu, depuis, la maîtresse section en arrière du milieu et le déplacement de l'arrière plus fort que celui de l'avant. L'expérience a prouvé encore qu'à l'époque actuelle, ce sont les navires qui approchent le plus du système amé-

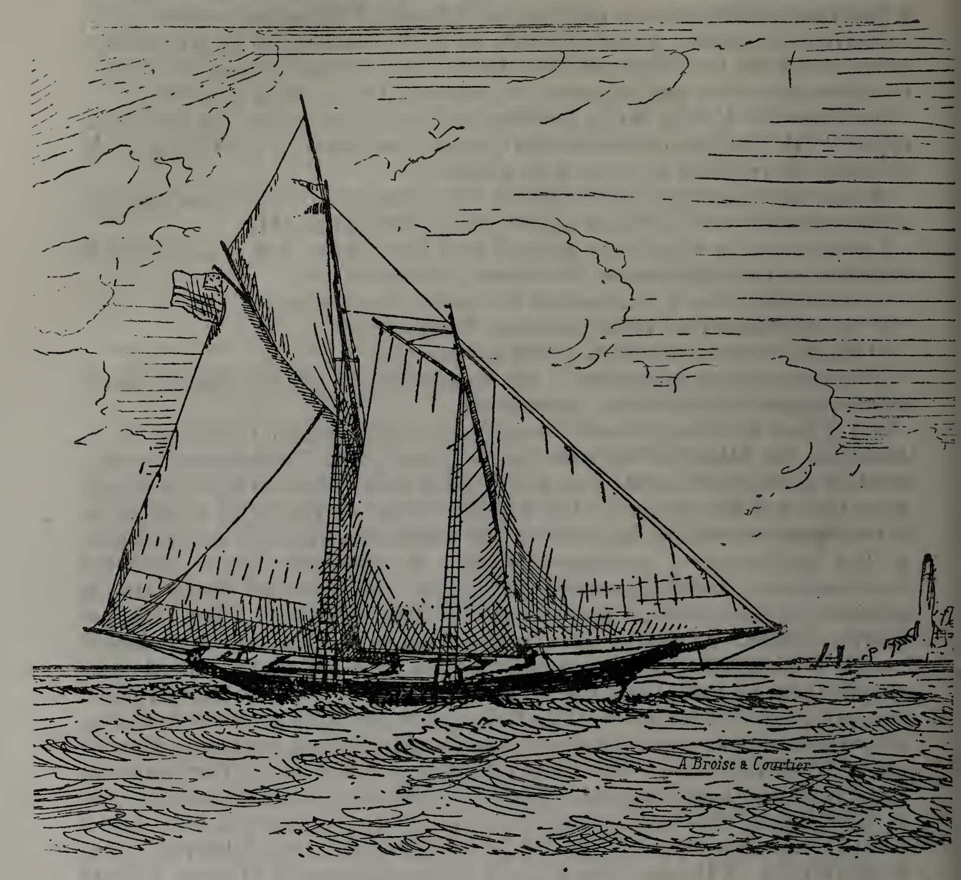


Fig. 1. — L'*America* sous voiles.

ricain qui donnent les meilleurs résultats pour la vitesse. En effet, « non-seulement ce système de la *ligne de vague* est susceptible de donner la plus grande marche, mais il réunit l'ensemble des qualités nautiques essentielles pour naviguer avec aisance et sécurité. La résistance sur l'avant du navire contre lequel l'eau ne vient plus s'accumuler est diminuée; par suite, la force d'impulsion est mieux utilisée. Mais ce n'est pas tout; le navire devient plus stable, car la pression qui s'exerce sur ses flancs au lieu d'agir sur les extrémités, le soulève et vient encore accroître la stabilité. » (1)

La présence de l'*America* opéra dans le gréement et la voilure une révolution sinon aussi radicale, tout au moins fort importante. Quand l'*America* parut,

(1) Griffith's Treatise on the theory and practice of ship building.

on attribua pour principale cause à son succès, la confection particulière de ses voiles parfaitement plates. L'usage en Angleterre des voiles creuses était en faveur à cette époque : ces voiles excellentes pour le largue ne portent point suffisamment près; on le savait, mais par routine on n'en tenait pas compte. On fut bien forcé de se rendre à l'évidente supériorité de la voilure du schooner américain pour le près du vent. Depuis cette époque les voiliers anglais ont fait autant de progrès que les constructeurs, et les voiles construites par Lapthorn de Gosport ou C. Ratsey de Cowes, peuvent entrer en comparaison avec celles taillées en Amérique.

Les voiliers anglais sont même, sous certains rapports, plus avancés que ceux qui se servent de leurs voiles, et si des patrons de course, d'ailleurs très habiles en sont encore à dire qu'une voile est toujours trop plate, MM. Lapthorn et C. Ratsey ne viendraient pas soutenir une théorie aussi surannée. Nous engageons les amateurs français et nos voiliers à profiter de l'expérience des Anglais et à se rapprocher le plus possible de la perfection des voilures des yachts de nos voisins. Nous sommes pour le moment, sous ce rapport, vis-à-vis d'eux dans un état d'infériorité qui rappelle celle dans laquelle les yachts anglais se trouvaient en 1851 à l'égard des Américains.

Depuis quelques années une modification de la plus grande importance s'est opérée dans la manière de lester les yachts de course en Angleterre. Au fer, on a substitué le plomb. Du plomb dans la quille, du plomb sur la carlingue, tel est le principe nouveau; sous ce rapport, c'est également une révolution. Du plomb et de la toile, voilà le dernier mot du yacht de course en Angleterre.

L'introduction du plomb comme lest exclusif a été amenée à la suite de l'allongement des carènes qui, lui-même était le résultat du mode de jaugeage pour les courses. En diminuant la largeur, un des éléments principaux du tonnage, il fallait retrouver par le lest la stabilité amoindrie par la diminution du bau, substituer à la stabilité naturelle de la coque la stabilité artificielle de poids. Le fer étant comme lest remplacé par le plomb, il s'ensuit qu'à position égale dans la quille et sur la carlingue, le lest en plomb, à cause de la différence de sa densité, a sous un moindre volume son centre de gravité plus bas. Il en résulte encore qu'à cause de cet abaissement du centre de gravité du lest, on obtient, avec moins de poids, le même effet pour la stabilité, et qu'avec un poids égal on augmente cette stabilité sans augmenter le déplacement.

Il est probable que cette révolution dans la substitution du plomb au fer par le lest a commencé dans les petits bateaux, dans les 5 et les 10 tonneaux, puis successivement s'est étendue aux 20 tonneaux, puis enfin aux grands navires. Ce lest en plomb est disposé d'une manière particulière à la fois dans la quille même et sur la carlingue; il est placé à peu près au tiers milieu de la quille. De cette manière, les extrémités flottent librement, pendant que le lest, ramené au centre de l'axe longitudinal, agit comme moyen de résistance énergique à l'effet de la voilure. Il n'y a plus dans la carène d'éparpillement de la stabilité, par suite de cette concentration du lest; ce double effet permet de porter un excès de voilure, sans altérer les qualités nautiques, du moins au point de vue de la course.

Il faut, pour placer ce lest dans de telles positions, ménager une épaisseur de quille plus grande et une armature toute spéciale en fer sur la carlingue, quand le tonnage du navire s'accroît. Sous ce rapport, les constructeurs anglais ont employé des procédés qui mériteraient d'être vulgarisés chez nous, mais dont les détails nous éloigneraient trop du sujet que nous traitons aujourd'hui.

Les courses en 1878.

Que ce titre n'effraie pas le lecteur !

Notre intention n'est point de faire l'histoire complète des régates anglaises pendant la dernière saison, nous n'avons d'autre but que celui de faire connaître les types les plus remarquables que ces courses ont révélés, et d'esquisser à grands traits les caractères saillants de la physionomie des principaux vainqueurs.

Tout d'abord, il importe de signaler le progrès qui, dans chaque classe, s'est accentué simultanément, soit pour la construction, soit pour le gréement :

Le *schooner*, qui représentait le grand yacht destiné aux excursions et aux longs voyages à la mer, plutôt qu'aux luttes de régates, est arrivé par le perfectionnement de sa coque et de sa voilure, à rivaliser avec les meilleurs coureurs des autres classes.

Le *yawl*, ce cutter bâtardé, qui, créé pour la pêche et la promenade, est devenu une redoutable machine de course, presque toujours supérieure au schooner et peu inférieure au cutter.

Le *cutter*, enfin, l'expression la plus complète du bateau de course par l'excellence de son gréement, ne continue à conserver la prédominance que par un effort constant et soutenu.

C'est ce progrès que nous avons à cœur de suivre.



§ 1. **Les schooners.** — Les courses de schooners ont été de tout temps en grand honneur en Angleterre. Après les victoires de l'*América*, en 1851, elles eurent une vogue sans exemple jusqu'alors ; le gréement de goëlette semblait être la condition et la perfection du bateau de course.

Puis, une réaction se produisit en faveur des cutters, à la suite des succès de *Julia*, de *Volante*, du *Vieil Arrow* et du *Mosquito*. Le fameux *Mosquito*, pour qui les Anglais, soit dit en passant, revendiquent la priorité de l'application de la *ligne de vague*, trois ans avant *l'América*, n'a jamais marqué que comme coureur célèbre, tandis que *l'América* a fait école, comme étant la révélation d'un système.

La faveur revint aux schooners pendant la période de temps qui s'écoule de 1867 à 1876, et des hauts faits signalent cette phase brillante de leur existence : *Flying*, *Cloud*, *Aline*, *Egeria*, *Cambria*, *Livonia*, *Guinewere*, *Cetonia*, *Corinne*, *Pantomime* sont les plus célèbres de la pléïade de tant de yachts illustres.

La présence des yachts américains ajoute encore à l'émulation produite par les courses. C'est en 1869 qu'a lieu le match audacieux d'Amérique en Europe des trois yachts de 200 tonneaux *Henrietta*, *Fleetwing* et *Vesta* et dont le premier a les honneurs; que paraît en 1870 *Dauntless* de 350 tonneaux, puis la fameuse *Sappho* de 376 t., le yacht le plus voilé et le plus vite qu'on ait jamais vu. L'exemple donné par les Américains est imité par les Anglais qui eux aussi, veulent avoir leur course à travers l'Atlantique. *Cambria* bat *Dauntless* de une heure et demie dans un défi de la côte anglaise à celle d'Amérique, mais à New-York elle cherche en vain à reprendre la *Coupe de la Reine* emportée par l'*América*: elle est battue et n'arrive que cinquième sur 60 yachts en ligne. Ses défis contre *Sappho* donnent lieu à une course mémorable dans laquelle celle-ci soutient pendant six heures la vitesse inouïe de seize milles.

Livonia, construite tout exprès pour prendre la revanche de *Guinewere* et rapporter en Angleterre la fameuse coupe, n'est pas heureuse ni en Amérique ni en Europe; et *Sappho* lui donne sur la rade du Havre une injurieuse leçon.

Livonia avait été construite à l'imitation des formes américaines. Son insuc-

cès détermine les constructeurs anglais à revenir à leurs formes nationales, aux coques profondes, à grand déplacement. *Guinewere*, *Pantomime* construites dans cette idée se rapprochent plus des façons du cutter et en ont les qualités nautiques au plus haut degré.

Pendant que s'opérait cette transformation, une sorte de révolution avait lieu dans la manière de mâter les schooners. Les mâtures inclinées à l'arrière, si longtemps à la mode, étaient redressées, le grand mât placé juste au maître bau et le mât de misaine plus près de l'avant. Soit qu'il ait été reconnu que l'action de la voilure est plus efficace avec un mât droit que sur un mât

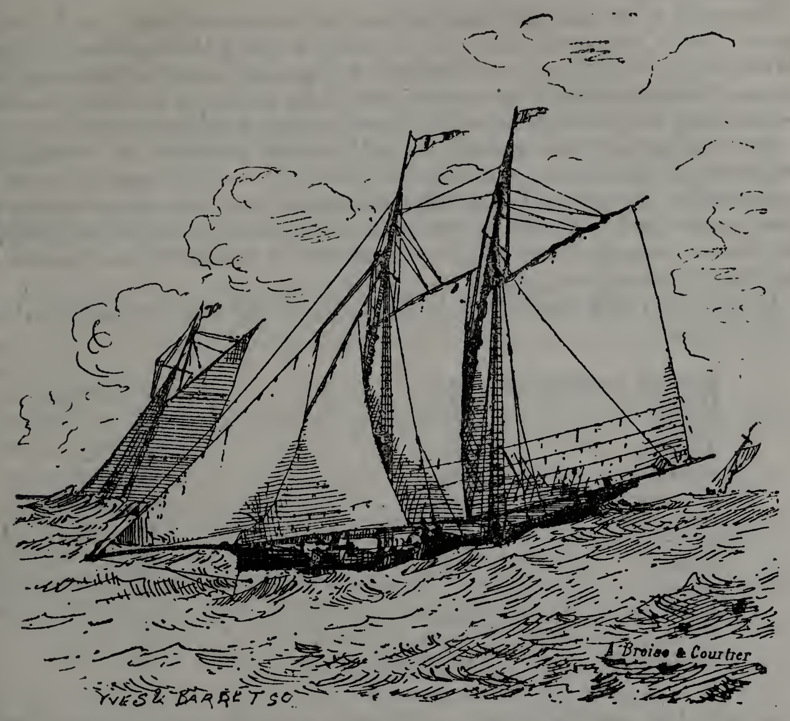


Fig. 2. — La *Miranda*, yacht-goëlette, vainqueur des régates de 1878, un ris pris.

couché en arrière, soit qu'on ait voulu imiter les yachts américains *Dauntless* et *Sapho* où la mâture est droite et les mâts placés comme il vient d'être dit, le schooner moderne anglais devint véritablement par suite de cette modification une sorte de cutter à deux mâts; sa grand'voile gagne d'autant, par suite, elle devient en superficie presque égale à celle du cutter et dépasse celle du yawl. Ainsi perfectionné dans sa mâture et dans sa voilure, le schooner tout en conservant les qualités de son gréement qui donne la plus grande vitesse au largue, gagne les qualités qui lui manquaient au plus près, et arrive à lutter avantageusement contre les yawls dans cette allure, mais non contre les cutters qui lui restent supérieurs.

Toutes ces modifications ont perfectionné le schonner; elles ont été faites surtout dans les derniers venus des coureurs de cette classe : *Sea Bella*, construite par Harvey en 1872, et *Miranda*, par le même en 1876, qui est le type du schooner de course.

La supériorité de *Miranda* marque d'une influence néfaste la course des schooners. Deux années consécutives de victoires ont eu pour résultat d'éloigner de la lutte tous ses concurrents si bien qu'avant la fin de la saison il ne restait plus en ligne que *Miranda* seule, et que celle-ci, lasse de vaincre, se retira des courses.

Ce fut un grand émoi en Angleterre dans le monde des yachtsmen à la pensée de la suppression forcée de la course des schooners par suite de l'écrasante supériorité d'un seul bateau.

Chose bizarre! c'est la perfection des moyens pour la course qui a tué la course elle-même.

Toutefois, il est une autre cause qui n'a pas moins contribué à cette décadence; c'est la concurrence des grands cutters de 100 à 150 tonneaux, tels que *Kriemhilda*, *Vol-au-vent* et *Formosa*, des grands yawls de 140 tonneaux, comme *Florinda* et *Jullanar*, contre lesquels les schooners luttent malheureusement dans les courses d'ensemble et presque sans espoir de succès.

Nous partageons cette crainte du délaissement prochain des courses de schooners; il serait bien regrettable, au point de vue du yachting et de la construction, de voir ces belles luttes disparaître; car cette classe compte les plus grands yachts de 100 à 400 tonneaux; quiconque connaît et pratique les courses, comprendra ce qu'il faut de science et d'habileté pour manier ces énormes instruments de régates.

La liste des yachts concurrents de *Miranda*, en 1878, montre l'importance de cette classe :

Miranda	construite par	Harvey	135	tonnes.
Corinne	—	Ratsey.	160	—
Egeria	—	Van Hill	153	—
Australia	—	Inman.	207	—
Shark	—	White.	201	—
Ayaconora	—	Inman.	148	—
Hildegarde	—	Nicholson.	195	—
Pantomime	—	Ratsey.	153	—
Cétonia	—	—	203	—
Cambria	—	—	199	—
Aline	—	Nicholson.	216	—
Elmina	—	—	355	—
Enchantress	—	Américain	406	—

L'année 1877 avait fait connaître *Miranda*; elle était en 1878 le favori de la classe des schooners. Tous en effet sont battus par elle ou s'abstiennent. Réduite le plus souvent à courir avec les yawls, elle est presque leur égale dans le près, mais elle succombe devant les grands cutters. Contre les schooners, elle a des courses magnifiques où se déploie sa supériorite incontestable.

Miranda n'a pu courir la Coupe de la Reine dans la grande course du Royal-Squadron, à Cowes, son propriétaire n'appartenant pas au club. Nous avons signalé le tort que cette restriction fait à cette course nationale; cela est d'autant plus regrettable qu'il y avait seize schooners engagés dans cette course, et que ce fut un Américain, l'*Enchantress*, qui sauva l'honneur du gréement en arrivant premier. *L'Enchantress* montra dans cette course une très-belle marche; elle réussit à gagner *Formosa* et à la battre, mais n'eut pas le prix, par suite du rendement de temps.

Nous nous rappelons qu'en 1874, à la course du Havre à Southsea, elle eut un pareil accès d'effrayante vitesse au largue, qui la plaça en tête de la flotte, mais qu'elle perdit également le prix sur *Corinne*, par suite de l'allégeance.

Toutefois, *Miranda* justifia sa prédominance dans une autre course autour de l'île de Wight contre *Hildegarde*, *Elmina* et *Enchantress*, où elle les dépassa tous.

En 1878, *Miranda* a fait 19 courses.

Elle est arrivée première, 11 fois.

Elle a gagné 14 prix, 11 premiers et 3 seconds, dont la valeur s'élève à 600 liv. sterl.

Le seul schooner qui ait gagné après elle est *Corinne*.

Elle a fait trois courses, a gagné 2 prix, 1 premier et un second, valeur 50 liv. sterl.

Nous connaissons *Miranda* par ses succès, nous allons tâcher de la faire connaître dans sa construction.

M. Harvey, de Vivenhoë, a construit *Miranda* en 1876; il avait produit en 1874, un schooner de 140 tonneaux, *Sea Belle*, dont le plan est donné dans le remarquable ouvrage de M. Dixon Kemp. Nous regrettons de dire que nous ne connaissons pas le plan du *Miranda*, et que nous ne possédons qu'un croquis de sa forme longitudinale et de sa maîtresse section, lequel croquis se trouve annexé à un Mémoire lu par M. Harvey à la session d'avril 1878 de l'*Institution of naval Architects* et récemment publié (C'est ce croquis que nous donnons à une échelle de moitié de celle indiquée dans le Mémoire.)

« J'ai construit *Sea Belle*, dit M. Harvey, pour faire un bon et fin navire, marin et bon boulinier, et j'ajouterai aussi pour battre *Pantomime*. J'ai réussi à lui donner ces deux qualités, et vent debout et grosse mer, elle peut battre tout navire de sa classe.

De *Miranda* je dirai qu'elle diffère de *Sea Belle*, seulement en ce qu'elle a des qualités de vitesse plus grandes et qu'on peut la citer comme étant spécialement faite pour la course. »

On voit d'après la forme du maître couple que Miranda a une carène profonde et d'un fort déplacement.

Le système de M. Harvey nous paraît devoir se résumer ainsi : la courbe de déplacement de la capacité flottante (*buoyancy*) doit avoir son centre dans la maîtresse section; le centre de la résistance latérale doit correspondre à ce point, et le centre d'effort de la voilure doit également s'y rapporter.

Le savant rédacteur du *Field* s'exprime ainsi sur cette question.

« *Sea Belle* s'écarte du principe de la ligne de vague tant dans son avant que dans son arrière et son grand succès comme coureur dépend plus de ses remarquables qualités nautiques que de sa vitesse. *Sea Belle* était construite pour battre *Pantomime*. Pour battre un navire portant bien la voile et de grande marche, il fallait porter plus de toile, et comme il existe beaucoup de raisons, le tonnage notamment, pour ne pas faire usage de la largeur afin de porter plus de toile, M. Harvey a obtenu la force de résistance par le poids. *Sea Belle* par suite, a un grand déplacement provenant de l'allongement des lignes aux extrémités. La résistance et les qualités nautiques ont été ainsi obtenues, et quelque peu toutefois au détriment de la marche, mais si peu que *Sea Belle* peut soutenir la comparaison des yachts de sa taille et par ses qualités nautiques l'emporte sur tout, quel que soit le gréement. »

« *Miranda* est un développement plus complet du caractère de *Sea Belle*, auss avec un grand déplacement, elle a une plus grande profondeur dans sa maîtresse section; les lignes de l'avant et de l'arrière de *Sea Belle* ont été amincies, le maître-couple a été réduit daus sa grande largeur, et le résultat a été d'obtenir une courbe de déplacement coïncidant avec la forme de la ligne de vague. Son avant est fin comparativement à son arrière et son centre de capacité flot-

tante (*buoyancy*) est aussi relativement en arrière. En outre, la carène à l'avant a été diminuée de profondeur, et par suite allégée d'autant. »

En se reportant au croquis de *Miranda*, on voit en effet que la quille se relève brusquement vers l'avant.

Voici les dimensions de *Miranda* :

Longueur de tête en tête	106 pieds.
Longueur à la flottaison	86 —
Largeur extrême	18 pieds 11 pouces.
Largeur à la flottaison	18 — 9 —
Tirant d'eau à 5 pieds de l'étrave	5 — 4 —
Tirant d'eau extrême	16 —
Surface de la flottaison	1045 pieds carrés.
Déplacement en pieds cubiques	5600 pieds cubiques.
Déplacement en tonnes	165 —
Surface de la maîtresse section	109 pieds carrés.
Position de la maîtresse section en arrière du milieu de la longueur à la flottaison	3
Centre de gravité de la flottaison en arrière du milieu	2 pieds 3 pouces.
Les plombs	78 tonnes.
Partie de lest dans la quille	6

Le gréement de *Miranda* est combiné d'après le système qui consiste à mettre les mâts droits, le grand mât à la maîtresse section et le mât de misaine très en avant.

Telle est *Miranda*, le type de course des schooners, il faudra pour le battre suivre les mêmes errements que ceux qui ont été suivis pour le construire, il faudra créer un nouveau type pefectionné : c'est la loi du progrès (pl. XVII, fig. 4).



§ 2. **Les Yawls.** — Le cutter, gréé à l'arrière d'un mât de tapecul, a été longtemps désigné sous le nom de *Dandy*; il n'a pris que depuis peu la dénomination de *Yawl*.

Il n'y a guère qu'une douzaine d'années que le yawl s'est révélé comme bateau de course : jusqu'alors il n'était considéré que comme propre à la promenade et aux excursions.

Diverses causes ont contribué à créer cette classe nouvelle de bateaux coureurs :

1° L'allégeance, qui a permis aux yawls de courir avec un tonnage réduit de deux cinquièmes. Ainsi, un cutter, inférieur de marche ou simplement de taille, se transforme en yawl, il profite de l'allégeance attachée à ce gréement et retrouve une partie de ses chances contre les cutters. La création de la série des grands cutters de 100 tonneaux a déclassé de fait la série ancienne de 60 tonneaux ; les bateaux de cette série étant trop petits pour courir avec succès contre les cutters de 100 tonneaux, et trop grands vis-à-vis de la classe nouvelle des 40 tx, à cause de l'allégeance qu'ils leurs rendent, se sont convertis en yawls. Tel est le motif qui, cette année, a forcé des yachts célèbres, tels que *Fiona* et *Neptune* (70 et 60 tonneaux) à prendre le gréement de yawl, après avoir commencé la saison comme cutters.

2° Le gréement de cutter, en tant qu'il s'agit de la course (l'expérience l'a montré en Angleterre) n'est vraiment maniable que jusqu'à 100 tonnes environ. Tant que le cutter n'a pas été démesurément allongé, ce gréement pouvait subsister : la *Rose de Devon*, de 148 tonneaux, a eu une brillante carrière, en son temps. Mais des cutters énormes de 165 tonneaux, comme *Oïmara* et d'autres semblables nécessitent pour la course des proportions d'espars énormes qui

fatiguent le navire et les équipages, et provoquent de fréquentes avaries. Aussi les cutters de ce tonnage se sont-ils également convertis en yawls.

3° L'abandon du gréement de schooner, pour les yachts au-dessus de 100 jusqu'à 200 tonneaux, est devenu presque général, par le double motif que le gréement d'un yawl est supérieur au près à celui du schooner, et qu'il lui est à peu près égal au largue et au vent arrière, conditions qui compensent l'allégeance moins forte que reçoit le yawl.

4° Enfin, et la dernière des raisons, nous devrions dire la première, c'est que la mode actuellement, en Angleterre, est aux yawls, comme elle l'a été aux autres gréements, à certaines époques, Ajoutons toutefois que la mode a sa justification par les succès mêmes des yawls.

Chose singulière en effet, le yacht qui figure en tête de la liste des vainqueurs est un yawl, le *Jullanar*. La classe des yawls, bien que, sur les 236 yachts inscrits sur cette liste, elle ne figure que pour un petit nombre de gagnants (32), compte des coureurs de premier ordre.

Voici les noms des principaux yachts de cette classe, d'après leur tonnage :

Lufra	construite par	Ratsey.	208	tonneaux.
Condor	—	Fife	160	—
Latona	—	Ratsey.	160	—
Corisande	—	—	153	—
Ada	—	Nicholson.	147	—
Florinda	—	—	138	—
Jullanar	—	Bentall.	128	—
Cukoo	—	Fife	92	—
Gertrude	—	Payne	80	—
Atalanta	—	Robertson.	80	—
Bakaloum	—	Harvey	79	—
Fiona	—	Fife.	78	—
Raven	—	Ratsey.	61	—
Milly	—	Trevithich	69	—
Ellida	—	Stainton.	44	—
Diona	—	Boag.	40	—
Fleur de lis	—	Harris.	40	—

Les yawls ont généralement couru entre eux, et dans les courses d'ensemble ont souvent succombé devant les grands cutters de 100 tonneaux du moment qu'il y a eu une grande brise. Il est arrivé toutefois que dans ces circonstances *Jullanar* a battu le meilleur des grands cutters, *Formosa*.

Lufra est le premier yawl qui ait attiré l'attention comme coureur : c'était en 1866. En 1872 *Corisande*, création magnifique de Ratsey, fut le succès et la vogue de la saison.

L'année suivante (1873) *Florinda* était lancée des chantiers de Nicholson à Gosport. Elle débuta splendidement, et par ses succès pendant toute la campagne, elle posa le yawl comme bateau de course.

Depuis, sa carrière n'a été qu'une suite non interrompue de victoires. *Florinda* a couru dans 106 courses, elle a gagné 66 prix, d'une valeur de 4,000 liv. sterl. (plus de 100,000 francs). Aucun yacht n'a eu aussi longtemps une pareille moyenne de succès, eu égard surtout à la concurrence qui existe dans les grandes classes depuis six saisons. *Florinda*, on peut le dire, a régné en souveraine dans sa classe jusqu'au moment où *Jullanar* est venu cette année lui contester sa supériorité.

Le grand fait de la saison, c'est la rivalité de *Florinda* et de *Jullanar ;* tout l'intérêt des courses se concentre sur ces deux favoris, les autres coureurs ne sont, malgré leur mérite, guère que des comparses à côté de ces illustres acteurs.

Ces deux bateaux sont en effet d'un tonnage presque égal (135 et 128 tonneaux) ; tous deux ont des qualités de vitesse presque semblables, et tous deux

représentent des systèmes de construction complétement distincts. *Florinda* est un type de forme correcte, régulière, harmonieuse dans, lequel apparaissent toute la science et l'expérience d'un constructeur célèbre comme Nicholson de Gosport : il a l'apparence d'un *family boat*, et cependant c'est un coureur de premier ordre. M. Dixon Kemp, qu'on ne saurait trop citer, la caractérise ainsi :



Fig. 3. — La *Florinda*, yawl de 138 tonneaux.

« *Florinda* est un bon exemple d'un type étroit de navire avec une maîtresse section très-pleine (elle a en longueur à peu près quatre fois et demie sa largeur), une finesse aussi grande dans ses lignes inférieures qu'on peut le désirer, et son lest concentré dans le milieu de sa coque. »

Jullanar est un type étrange, éclos du cerveau d'un amateur. N'y cherchez pas les données reçues pour le bateau à voile, c'est une espèce de cylindre appointi par les bouts, monté sur un triangle de quille en plomb. Ceci n'est pas une critique en présence des résultats prodigieux de cette construction bizarre; c'est la constatation d'un fait.

Jamais navire n'a été plus discuté : il a été l'objet des comparaisons les plu singulières, depuis le sabot jusqu'à la coquille de moule, depuis le fuseau jusqu'à la baleine. Le fait de l'invention du système a été contesté à son auteur, qu'on a accusé d'avoir réédité d'anciens modèles d'Angleterre et même d'Australie. Il faudrait un article spécial pour examiner le pour et le contre de toutes

ces assertions. Le fait certain qui semble résulter pour nous de ce débat, c'est que le plan de *Jullanar,* dessiné par un amateur audacieux, M. Bentall, a été soumis à M. John Harvey, de Vivanhoë, qui l'a corrigé et sans doute l'a rendu pratique.

Jullanar est un navire plus étroit que tout ce qui a été fait jusqu'alors; il a en longueur à la flottaison six fois sa largeur, un maître couple étroit mais

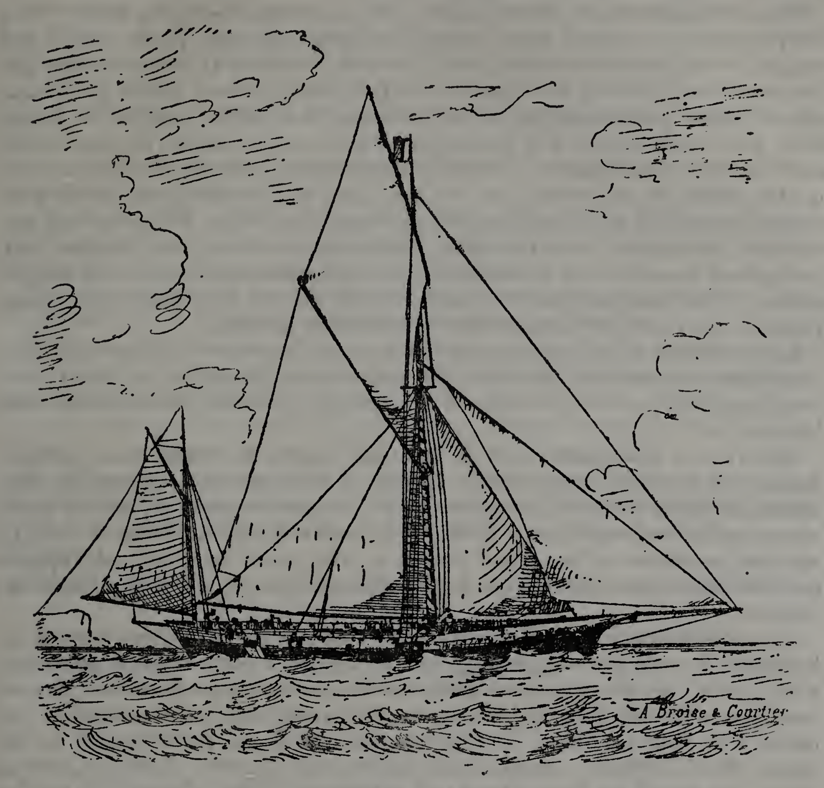


Fig. 4. — Le *Jullanar,* yawl de 128 tonneaux.

plein, sans rentrée dans les hauts et plutôt un peu évasé; un tirant d'eau énorme de $4^{m},10$ (13,8 pieds anglais) un lest considérable dans ses fonds, et sa quille de 79 tonneaux de plomb (pl. XVII, fig. 21, 22 et 23).

Le caractère essentiel est dans l'allongement considérable de la voûte, qui paraît principalement fait en vue de frauder le tonnage. Cette voûte, sous ce rapport, est un véritable chef-d'œuvre. Elle n'est que la continuation du corps du bateau sans sa quille ; elle se profile en forme de V suivant une courbe, très-soutenue jusqu'à l'arrière, terminée presque en pointe, de manière à entrer dans l'eau et à porter jusqu'à 30 centimètres de cet arrière.

Les lignes d'eau sont droites à l'avant et à l'arrière, mais à l'avant, l'étrave est élancée comme dans un schooner, et la coque suit une courbe de relèvement tellement accentuée que, près de l'étrave, le tirant d'eau n'est que de 30 centimètres, tandis que le tirant à l'arrière est de plus de 4 mètres. L'étambot est droit, placé au point le plus profond de la quille; tout le massif arrière

qui devrait exister pour supporter cette longue voûte est supprimé, pour qu'il n'y ait pas d'obstacle au passage de l'eau sous l'arrière.

Jullanar a une stabilité initiale faible, mais qui augmente avec l'inclinaison, au point de pouvoir atteindre sans danger un angle de 70 degrès. Grâce à cette stabilité excessive, *Jullanar* possède, dans les conditions d'une grosse mer et d'une grande brise, des qualités nautiques extraordinaires qui ont fait dire de lui que c'est un véritable marsouin.

Il serait extraordinaire que ce bateau n'eût pas de grands défauts, surtout celui d'être ardent au dernier degré; l'arrière n'étant pas tenu par la quille doit tendre à se déplacer facilement, sous l'effort de la voiture. Il est à présumer que l'excessif tirant d'eau à son étambot a eu pour but d'obtenir que le gouvernail eût une action plus énergique par la profondeur à laquelle il agit sur le navire. Mais, d'un autre côté, si l'on remarque la forme de ses façons, le plan incliné sur lequel elles sont disposées, l'absence de résistance longitudinale dans l'arrière, dont la quille est supprimée, on voit que tout a été combiné pour que le gouvernail fasse l'effet d'un véritable pivot sur lequel les actions du navire sont concentrées. Néanmoins, nous persistons à croire que ce navire doit, comme tous les bateaux à voûte basse et immergée, avoir une tendance excessive à devenir ardent; si cette ardeur peut être maîtrisée, elle devient une qualité aussi avantageuse, que l'excès de cette qualité pourrait être nuisible.

La supériorité de *Jullanar* par grosse mer et au près du vent nous confirme dans notre supposition; *Jullanar*, par sa forme, doit se lancer au vent et souvent *s'emballer*, et c'est peut-être là le secret de sa marche extraordinaire dans le près.

Ce qu'il y a d'étonnant, c'est de voir des navires de modèle aussi différent donner des résultats complétement opposés à ceux que leur construction semblerait indiquer. *Florinda*, le navire correct, est, par un temps à porter le flèche et une petite mer, supérieur à *Jullanar*, le navire fantaisiste; celui-ci lui est à son tour supérieur de très-grand vent et de très-grosse mer; telle est l'opinion qui s'est formée généralement de leurs mérites respectifs, d'après le résultat des courses.

Des auteurs, d'ailleurs des plus compétents en la matière, avaient montré une tendance à poser comme principe que les navires à corps allongé pourraient n'être pas si bons dans les vagues que les navires plus ramassés dans leurs formes; mais que, s'ils sont d'une stabilité égale, ils doivent avoir un avantage par eau calme à de hautes vitesses. Les résultats comparatifs des performances de *Florinda* et de *Jullanar* semblent contredire cette théorie. *Jullanar*, avec un bau moins grand, un corps plus étroit, passe mieux dans la vague, et tout en ayant plus de stabilité, est inférieur à *Florinda* dans les temps moyens comme vitesse et comme près. Jamais exemple n'a été plus frappant que celui donné par *Jullanar* à Torbay, où, par une dure brise et une mer démontée, il arrive premier sur tous les grands coureurs, après avoir fait la course la plus étonnante de sa carrière.

Jullanar a pris part à 31 courses. Il est arrivé onze fois premier, et a gagné la somme importante de 1,065 liv. st. en 70 prix, dont quinze premiers et deux seconds.

Il a couru sur la Tamise, sur la Clyde, en Irlande et dans le Solent, et s'est trouvé souvent engagé contre les meilleurs yachts de tout gréement.

Florinda a couru 26 fois; elle est arrivée dix fois première; elle a gagné 12 premiers prix, 10 seconds et 2 troisièmes; au total 736 liv. st., y compris le prix d'honneur et un autre prix au Havre.

Durant la dernière saison, les deux favoris se sont rencontrés dix-huit fois. *Florinda* a battu *Jullanar* huit fois; *Jullanar* a battu *Florinda* six fois. Dans

trois autres courses où ils se rencontrent, *Ada* les bat deux fois et *Neptune* une fois.

Ainsi, la balance est en faveur de *Florinda*, mais est-elle meilleure que *Jullanar*? C'est ce qu'il appartient à l'avenir de décider.

Ce qui résulte enfin des succès de *Florinda* et de *Jullanar*, c'est qu'ils se sont montrés bien supérieurs aux autres yawls.

Au second rang, vient en première ligne *Ada*; ce bateau ne peut être définitivement jugé, il a eu la chance de battre deux fois *Florinda* et *Jullanar*, mais il ne paraît pas être encore complétement dans sa forme. Il a gagné trois premiers prix et un second prix sur dix-neuf courses, et au total 240 liv. st.

Condor a couru 10 fois et gagné 135 liv. st. en deux premiers et un second prix; c'est encore un yacht qui n'a pas donné tout ce qu'on pouvait attendre de lui.

Fiona a couru dix-neuf fois, et gagné 145 liv. st. en trois premiers et deux seconds prix (pl. XVII, fig. 6 et 7).

Neptune, courant comme *Fiona* contre des adversaires trop forts, a montré ses belles qualités et a réussi a battre *Jullanar* deux fois et *Florinda* une. Il a gagné 220 liv. en cinq premiers prix sur 16 départs.

Neptune a été acheté pour la France, où il va retrouver, sans aucun doute, l'illustration qui a signalé les premières années de sa carrière.

Corisande, bien que conservant sa réputation de bon bateau marin, n'a pas eu de succès, pas plus que *Lufra*, malgré des modifications faites dans son avant, dans le but d'augmenter sa marche.

Les nouveaux petits yawls, tels que *Milly* et *Diona*, ne pourront jamais concourir avec succès contre les meilleurs cutters de 40 tonneaux.

On voit que les courses de yawls ont été suivies pendant toute la saison avec une grande animation, qui les place au premier rang dans les régates anglaises.

Nous terminerons, en donnant les dimensions respectives de *Florinda* et de *Jullanar*.

(Extrait du *Field*). — Ces dimensions sont données en mesures anglaises (1) :

	Florinda.		Jullanar.	
	pieds. (*foot.*)	pouces. (*inch.*)	pieds. (*foot.*)	pouces. (*inch.*)
Longueur à la flottaison	85	9	100	»
Bau extrême	18	4	16	10
— à la flottaison	19	4	16	8
Tirant avant à 5 pieds de l'étrave.	7	3	2	9
Tirant d'eau extrême	11	9	13	8
Hauteur au plus bas de la lisse du plat bord	3	1	3	10
Position du maître couple en arrière du milieu de la flottaison.	3	»	1	6
Centre de la flottaison en arrière du milieu	1	3		4
Centre de latérale résistance en arrière du milieu de la longueur à la flottaison	3	6	3	3
Centre d'effort de la voilure en arrière, du milieu de la longueur à la flottaison	4	»	1	5

(1) L'*inch* (pouce), $0^m,02539954$; le *foot* (pied) vaut 12 inch, $0^m,30479449$. Voir Lacroix, *Carnet de l'Ingénieur*, édition de 1879. Paris, imp. et lib. Eugène Lacroix. 1 vol. in-18, 370 pages : 5 fr.

	Florinda.		Jullanar.	
	pieds. (*foot*)	pouces. (*inch*)	pieds. (*foot*)	pouces. (*inch*)
Grand mât du pont aux jottereaux.	54	6	53	»
Mât de tapecul	33	6	36	»
Longueur de la bôme de la grand voile.	56	6	56	6
Longueur du pic de la grand voile.	42	6	42	»
Saillie du Beaupré	36	»	24	6
Déplacement total	150	tonneaux.	158	tonneaux.
Lest	54	—	79,5	—
Portion de lest dans la quille . . .	6	—	6	—
Surface du plan de flottaison . . .	1,100	p. carrés.	1,085	p. carrés.
Surface du maître couple	106	—	106	—
Surface de la grand voile	2,762	—	2,737	—
Trinquette.	778	—	650	—
Foc.	1,045	—	875	—
Tapecul	672	—	726	—
Surface totale de la voilure	5,257	—	4,988	—



§ 3. **Les Cutters.** — Au point de vue de la course, le gréement de cutter et celui de schooner sont seuls considérés comme ayant une valeur réelle. Les Américains pratiquent le schooner, les Anglais le cutter, et chaque nation a dans son gréement favori une supériorité qui la rend pour ainsi dire invincible.

Deux fois cependant les Américains ont contesté la supériorité du cutter anglais : une première fois avec l'*America* en 1851, ils ont réussi; une seconde fois en 1853 avec la *Sylvia*, ils ont échoué. Cette dernière tentative a un intérêt historique tout particulier par les conséquences qu'elle a entraînées pour les courses; elle mérite à ce titre d'être rapportée.

Le sloop est de la même famille comme gréement que le cutter; après avoir battu les Anglais avec un schooner, les Américains voulurent les battre encore avec un sloop; ainsi l'exigeait la rivalité maritime qui, sous toutes les formes tourmente les deux nations. En vendant l'*America* aux Anglais après sa victoire, les Américains avaient annoncé qu'ils reviendraient la battre avec un nouveau bateau. Ils avaient d'ailleurs la conviction que les Anglais ne sauraient tirer partie de l'*America*, car ils n'avaient pas livré le secret de sa marche, c'est-à-dire la manière de la manœuvrer; et, chose extraordinaire qui prouve bien l'aptitude spéciale de chaque nation pour son gréement de prédilection, c'est que ce secret n'a jamais été retrouvé par les Anglais, entre les mains desquels l'*America* n'eut plus de succès.

Ce bateau, sur lequel les Américains comptaient pour une nouvelle victoire, existait : c'était la *Sylvia*, construite en 1850 par Georges Steers, qui avait fait l'*America*. Après avoir créé dans l'*America* le yacht de mer moderne, Steers avait créé dans la *Sylvia*, le sloop à dérive, comme le type du bateau de course.

Sylvia était un grand sloop à dérive de 105 tx; de 25 mètres de long sur $7^{m},50$ de large, tirant 1 mètre d'eau à l'avant, 2 mètres à l'arrière et ayant une dérive descendant de 4 mètres; elle avait battu à New-York tous ses concurrents, y compris l'*America*, avant le départ de celle-ci pour l'Europe. Au mois de juin 1853, *Sylvia* arriva au Havre après une très-rapide traversée, sous le nom de *May-Flower*, nom qu'elle avait pris pour dissimuler son départ d'Amérique. Je me rappelle encore quel fut l'étonnement de tous les hommes de mer et de tous les amateurs lorsqu'ils virent cette étrange construction, ces formes ramas-

sées entrant à peine dans l'eau, terminées à l'avant par des lignes complétement creuses et brusquement relevées à l'arrière pour aboutir à un énorme tableau, ces flancs arrondis par une rentrée considérable, cette tonture excessive de l'avant et de l'arrière qui lui donnait moins d'un mètre au-dessus de l'eau au milieu, et ce mât énorme de 25 mètres de hauteur, et d'une grosseur effrayante, destiné à porter l'échafaudage de voilure propre à animer cette puissante machine de course.

Les Anglais lui opposèrent pour la course du Royal-Squadron, le cutter *Julia* de Ratsey, de 111 tx; c'était bien le cutter national, le cutter *Pur-Sang*, si je puis m'exprimer ainsi *(Genuine cutter)* monté par l'équipage du *Mosquito*, le premier équipage de course d'Angleterre, avec le fameux capitaine Nichols. La *Julia* est le type du cutter anglais de course de cette époque : elle a en longueur $24^{m},50$, dont $21^{m},40$ de quille, $5^{m},85$ de bau, 3 mètres de tirant d'eau à l'arrière, 2 mètres à l'avant, son bas mât 20 mètres, son mât d'hune 13 mètres.

Cette course fut, au point de vue de la concurrence internationale et de la différence des constructions anglaise et américaine en présence, un véritable événement. Les Anglais en eurent les honneurs. *Julia* gagna d'un peu plus de 5 minutes. La *Sylvia*, bien qu'elle n'eut employé dans la course que ses voiles ordinaires, avait étonné par sa marche merveilleuse au plus près, elle étonna surtout par sa défaite.

Des versions singulières circulèrent sur la cause de cette défaite; on alla jusqu'à dire que le sloop *Yankee* n'avait pas voulu gagner, et avait filé un câble à l'arrière pour modérer sa marche, et cela dans le but d'engager des paris sur une nouvelle course.

Les Anglais restèrent sur leur victoire et ne tombèrent pas dans le piége ouvert à leur amour-propre national. La *Sylvia* s'en alla à Cronstadt, et n'y trouvant pas d'aquéreur, elle repartit pour l'Amérique, où malgré son insuccès en Europe, sa supériorité de marche bien connue la fit vendre 15,000 dollars (plus de 75,000 francs).

Toutefois, les Anglais se vengèrent de la crainte que leur avait inspirée la *Sylvia*, ils prononcèrent l'exclusion pour l'avenir des bateaux à dérive de leurs courses de yachts, exclusion qui s'est perpétuée depuis dans tous les réglements de course et a été maintenue par le *Racing association*.

Cette exclusion, si l'on ne considère les courses que comme mode d'épreuve de la marche des bateaux, était une atteinte à la liberté de la construction et des moyens à employer pour obtenir la vitesse. Mais les Anglais ont justifié leur mesure au nom du principe suivant : le but des courses de yachts n'est pas de démontrer seulement quelle forme de coque, quelle méthode de lest, quelle disposition de voilure, c'est-à-dire quel gréement est le meilleur dans le but d'obtenir les plus grands résultats de marche pour le bateau de course, mais encore de montrer les qualités qui lui sont nécessaires pour être, à la fois, un bon bateau de mer et un bateau confortable. Cependant, je ne puis m'empêcher de signaler qu'à l'époque où cette exclusion fut prononcée, elle n'eut d'autre objet que de rendre impossible la concurrence des bateaux à dérive vis-à-vis des yachts, et qu'elle fut une protestation contre la construction américaine qui présentait un instrument destiné à bouleverser toutes les conditions de la course.

On chercha à ridiculiser les bateaux à dérive, en les qualifiant de *plats à barbe* et de *fers à repasser*, et on les décréta d'impuissance, en les déclarant impropres à la mer.

Je ne viens pas me poser ici comme l'apôtre du bateau à dérive; certes, il a ses imperfections comme il a ses qualités; mais, j'aurais voulu que l'expérience et la pratique révélassent les unes et les autres. Je trouve que l'exemple fait à

propos de la *Sylvia* a été bien mal choisi pour frapper d'ostracisme une classe de bateaux dont le tort était d'avoir traversé l'Atlantique, afin de montrer la valeur d'un système nouveau pour la course. Il y a en outre un ensemble de faits dont l'évidenee ne peut être niée : voilà 40 ans que la première nation maritime du monde (avant ou après l'Angleterre, peu importe le rang qu'on lui assigne) emploie pour son commerce aussi bien que pour la course, les bateaux à dérive, ou plutôt les navires à dérive, car il en vient continuellement dans les ports d'Europe, depuis 400 jusqu'à 800 tonneaux, qu'elle s'en sert pour la pêche côtière et même pour la pêche de Terre-Neuve, et ce système serait absolument mauvais!.. A part l'exemple de la *Sylvia* n'y a-t-il pas eu dans le fameux match des trois yachts américains à travers l'Atlantique l'un d'eux, la *Vesta*, qui était à dérive, et qui, de quelques heures à peine, a failli être le vainqueur? Combien de yachts célèbres du même genre existent et se construisent encore aux États-Unis et au Canada? Il faut bien croire que les Américains ont pour continuer à suivre un tel système, quelques bonnes raisons.

Je le répète, le bateau à dérive méritait mieux qu'une exclusion, il fallait l'admettre à lutter contre le bateau à coque profonde, soit sans conditions, comme le font les Américains, soit avec des conditions restrictives; mais il fallait l'admettre, et cela au nom de la liberté de la construction et du progrès.

Quelque longue qu'ait été cette digression, elle avait son excuse dans la critique obligée d'un principe de course, elle ressort par conséquent du sujet de cette étude : « le cutter anglais », et la supériorité du cutter pouvait se passer de cette protection. Car, s'il est une chose incontestable, c'est que pour le cutter, les Anglais sont les maîtres à tous. Ce que les Américains n'ont pas réussi à faire, ce serait à nous folie de le tenter, à nous qui sommes encore à l'enfance du yachting.

Ce n'est pas en quelques années qu'on improvise un système qui est le résultat de l'expérience d'un siècle ; qu'on crée des chantiers de construction, des ateliers de voilure et de gréement pour les yachts, qu'on forme surtout des équipages pour les monter.

Ici, je regrette d'être obligé de le dire, car je ne voudrais à aucun prix blesser les susceptibilités de nos marins ; nos équipages français sont vis-à-vis des équipages anglais dans un tel état d'infériorité sous ce rapport, qu'il n'y a pas de comparaison possible.

Ce qui manque à nos équipages, ce n'est pas tant l'amour de la course, que la science et la discipline de la course. Ils ont toutefois une excuse, le yachting n'est pas chez nous assez développé pour qu'à l'exemple du marin anglais, le marin français y trouve une carrière et ait intérêt à la suivre.

Je reviens aux cutters.

Il y a loin du cutter anglais moderne tel que les questions de tonnage et le perfectionnement des courses l'ont créé, à ce qu'était le cutter anglais primitif. Le *Yacht* a publié, il y a quelque temps, un modèle de cutter anglais de la fin du siècle dernier ; il a en longueur à peine le double de sa largeur. Pendant la première partie de ce siècle, les grands cutters avaient en général de trois fois à trois fois et demi leur bau en longueur (26 mètres de long sur $7^m,50$ de largeur en moyenne) un bas mât très-élevé, une très-longue bôme, un mât de hune du tiers environ de la longueur du bas mât. Quelle figure feraient actuellement ces massifs cutters avec les créations élancées des plus récents coureurs, où la longueur varie de quatre fois et demie à cinq fois le bau, et a été portée même jusqu'à six fois? *Julia* par exemple (le vainqueur de 1853) a pour longueur totale $24^m,46$ sur $5^m,70$ de bau ; son mât a $21^m,14$; son mât de hune $13^m,28$. Elle jauge 111 tonneaux de course.

Voici *Formosa* du même constructeur (le vainqueur de 1878); elle a pour longueur totale 28^{m},60; pour la largeur 5 mètres. Son mât a 12^{m},83; son mât de hune est de la même longueur, 12^{m},83; elle jauge 103 tonneaux seulement, c'est-à-dire 8 tonneaux de moins.

On le voit, à tonnage presque égal, c'est par la longueur, au détriment de la largeur, que le constructeur anglais a cherché à obtenir la vitesse ; où s'arrêtera-t-on dans cette voie de l'allongement et le plomb sera-t-il suffisant pour compenser la stabilité de forme et les qualités nautiques qui résultent d'une bonne proportion de la largeur ?

Les noms de ces gros cutters sont inscrits dans les fastes du yachting anglais : *Alarm*, *Julia*, *Volante*, *Mosquito*, *Osprey*, *Vieil Arrow* et bien d'autres ont été trop longtemps l'honneur du gréement national pour ne pas les citer.

En 1865, paraît *Fiona* de 70 tonneaux de Fife de Fairlie, la merveille de la construction écossaise, qu'il fut un instant question d'envoyer en Amérique pour reconquérir la coupe de laReine; puis viennent en 1867 *Condor* de Fife, et *Oïmara* de Steele de 160 tonneaux.

Ces trois bateaux inaugurent une révolution dans la construction, par l'augmentation donnée à la longueur et l'emploi du plomb dans la quille.

Leurs succès réveillent les constructeurs du Sud, Harvey de Vivenhoe produit en 1869 la *Rose de Devon* de 140 tx; Ratsey de Cowes ne se contente pas d'avoir opéré la résurrection de la vieille *Julia*; il crée en 1866 le *Vanguard* qui commence l'illustration de la série des 60 tx, brillante série dans laquelle figurent *Neva* et *Neptune* de Fife, *Hirondelle*, par Vanhill, de Poole.

Les courses des cutters reprennent à partir de cette époque leur popularité, l'émulation grandit avec le nombre des concurrents et toutes les classes se ressentent de cet essor.

Les cutters, d'après la division faite par le Racing-Associations, forment actuellement six classes :

80 tonneaux et au-dessus.	15 à 20 tonneaux.
40 à 80 tonneaux.	10 à 15 —
20 à 40 —	5 à 10 —

On voit, par cette classification, l'importance qu'on attache en Angleterre aux petits bateaux ; c'est, en effet, par les petits bateaux que le goût du yachting se propage ; il est impossible de comprendre le grand yacht, si l'on n'a débuté par la manœuvre du petit.

Les grands cutters. — Les coureurs au-dessus de 50 tonneaux se sont groupés dans cette classe :

Neptune,	construit par	Fife	50 tonneaux.
Neva,	—	—	62 —
Fiona,	—	—	70 —
Formosa,	—	Ratsey	103 —
Vol-au-Vent,	—	—	104 —
Cythera,	—	Fife	111 —
Arrow,	—	Chamberlayne	117 —
Oïmara,	—	Steele	165 —

Tout l'intérêt des courses se concentre sur les bateaux de 100 tonneaux. *Kriemhilda*, de 105 tonneaux, a inauguré cette belle série, avant que le *Racing-Association* ne l'eût créée. Pour battre *Fiona*, Ratsey n'a pas cru devoir faire mieux que de construire un 100 tonneaux, *Kriemhilda*; c'est la loi des courses de faire toujours plus grand que les concurrents existants. Le succès lui a donné

raison. *Kriemhilda*, construit en 1872, a eu la plus brillante carrière pendant 3 ans. Puis, Ratsey, en 1875, a fait *Vol-au-Vent* pour battre *Kriemhilda*, et il a réussi. Il n'y avait que Ratsey capable de se surpasser ainsi.

Kriemhilda est cité par M. Dixon Kemp, dans son *Yacht designing*, comme un modèle parfait pour le près et les qualités nautiques, surtout par forte brise. *Vol-au-Vent* a un peu moins de tirant d'eau, et du creux dans ses lignes de l'avant. Il a plus de vitesse par brise moyenne et par belle mer. On lui reproche



Fig. 5. — La *Formosa* sous voiles.

un défaut dans l'épaule à la bande qui lui retire peut-être un peu de marche mais le force à tenir mieux le vent, *Formosa*, si bien nommée, est le chef-d'œuvre de Ratsey, par son incomparable beauté, et au Sud comme au Nord elle a excité l'admiration.

Formosa a plus de longueur que *Vol-au-Vent*, plus de tirant d'eau, plus de plomb et plus de voilure, par conséquent. Ses lignes de l'avant sont plus longues que dans *Kriemhilda* et *Vol-au-Vent*, plus fines que celles du premier et moins creuses que celles du second. Elle est un peu supérieure à *Vol-au-Vent*, avec des brises fraîches à tout porter.

Il est curieux de comparer la dimension de ces trois célèbres coureurs. Les voici en mesures anglaises :

	Longeur.	Largeur.	Tirant d'eau.	Tonneaux.
	—	—	—	—
	pieds p.	pieds p.		
Kriemhilda	82 2	17 50	11 1	105
Vol-au-Vent.	81 8	17 4	10 9	104
Formosa.	84 »	16 10 1/2	12 6	103

La longueur de *Formosa* avec sa voûte est de 95 pieds 4 pouces.

Elle porte 60 tonneaux de lest en plomb, dont 14 tonneaux dans sa quille, et cette quille a une courbure marquée dans son milieu.

Vol-au-Vent et *Formosa* sont les deux favoris de la saison; la lutte entre ces

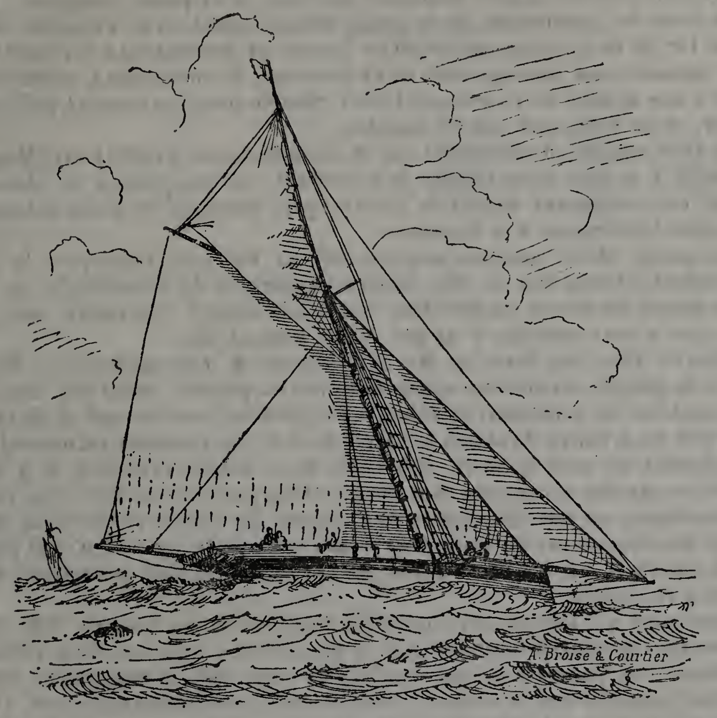


Fig. 6. — Le *Vol-au-Vent*, sous voiles.

deux bateaux est d'un intérêt saisissant, car ils ont tous deux un mérite presque égal.

Formosa a fait 31 courses et gagné 10 premiers prix et 3 seconds, d'une valeur totale de 715 liv. st.

Vol-au-Vent a fait 36 courses et gagné 9 premiers prix et 1 second, d'une valeur totale de 660 liv. st. (pl. XVII, fig. 3, 5 et 13).

Ils se rencontrèrent dans 14 courses; 5 fois aucun d'eux ne gagna; des 9 autres courses *Formosa* en gagna 5, et *Vol-au-Vent* 4, et une fois, quand *Vol-au-Vent* eut le premier prix, *Formosa* eut le second.

Il est à regretter que *Kriemhilda* n'ait pas pris part aux courses de 1878.

Formosa a perdu plusieurs courses par suite d'avaries, et il est probable que

c'est au rappel de son énorme lest de plomb qu'elle le doit; elle casse deux fois sa sous-barbe, deux fois son pic, deux fois elle démâte de son mât de hune.

A la course du Royal-Squadron où elle arriva seconde après *Enchantress*, et eut le prix par suite de l'allégeance, elle faillit le perdre ayant démâté 2 minutes avant la fin de la course, et elle serait arrivée première de toute la flotte sans cet accident.

Vol-au-Vent ne perdit son mât de hune qu'une fois et une autre fois dut abandonner, sa voile menaçant de se défoncer entièrement.

Vers la fin de la saison, l'intérêt des courses s'anima de la présence du *Vieil-Arrow* qui vint à son tour disputer la première place. Le *Vieil-Arrow* est le doyen des yachts anglais. Suivant le *Lloyd's Register* il a été construit en 1822. Il a comme coureur la plus étonnante carrière qu'on puisse imaginer. C'etait un bateau de promenade ou de pêche délaissé dont on fit un yacht. Il avait alors 18^{m},30 de longueur sur 5^{m},60 de largeur et ressemblait à un garde-côtes des douanes; son tonnage était de 84 tonneaux. Il commença à courir comme yawl à une époque où ce gréement était ridicule pour un coureur, puis comme cutter, et fut remarqué par sa marche.

En 1850, modifié et reconstruit par M. Chamberlayne il faillit battre *Mosquito*. En 1852, à la suite de la victoire de l'*America*, on lui appliqua les idées nouvelles, en l'allongeant de plus de 5 mètres par l'avant, et cet avant se terminait en lignes très-creuses à la flottaison.

Ses succès furent continus jusqu'en 1865 où Fife créa *Fiona* pour le battre. Cependant l'*Arrow* tint la tête jusqu'à l'apparition de *Kriemhilda* en 1872, mais alors il fut encore modifié dans son avant allongé d'un mètre, sans creux à la ligne d'eau; toutefois il ne put battre *Kriemhilda*.

Enfin en 1874, sur l'avis de M. Dixon-Kemp, M. Chamberlayne se décida à suivre le progrès du nouveau système de lest en plomb; on lui mit une quille en plomb de 16 tonneaux, et il battit *Vol-au-Vent* avec du vent et de la mer. En 1878, on a fourré de plomb ses gabords et le vieux coureur est devenu meilleur bateau de mer qu'il n'a jamais été de sa longue existence, il a autant gagné en marche qu'au près. Son succès a tenu peut-être autant à la perfection de sa voilure, qui sort des ateliers de C. Ratsey qui a voilé *Vol-au-Vent* et *Formosa*. Ses courses par du vent et de la mer ont montré que s'il n'était pas tout à fait aussi bon que les deux autres grands cutters, il était susceptible de les battre à l'occasion.

Ainsi voilà un bateau qui représente l'application des progrès faits depuis 40 ans dans la construction et le lest, et qui arrive à tenir son rang à côté des meilleurs! Ne pourrait-on pas conclure de cette suite d'expériences, dont le résultat, il faut le dire, n'est pas à l'honneur des constructions modernes, 1° qu'il n'y a pas de forme absolument supérieure; 2° que la longueur est le vrai élément de la vitesse; 3° que le plomb est le vrai moyen de porter de la voile; 4° et que plus on a de longueur et de plomb, plus on se rapproche des conditions de succès pour la course.

Parmi les autres grands coureurs de cette classe, il serait injuste de ne pas remarquer *Cythera* qui a gagné 4 premiers prix sur 4 départs, total 345 liv. st., mais qui ne put jamais arriver qu'après *Formosa*, quand elle s'est rencontrée avec elle.

Les autres coureurs sont d'une taille trop inférieure pour lutter avec succès contre les grands cutters.

Fiona s'est transformée en yawl dans le cours de la saison; au commencement elle avait réussi à battre *Vol-au-Vent* et *Neva*.

Neva, qui avait en 1877 gagné en prix 900 liv. st., se trouve réduite en 1878 à 378 liv. st. gagnées en 6 premiers prix et 2 seconds, sur 36 courses.

Neptune avait également en 1877 gagné la somme importante de 615 liv. st.; en 1878, il a couru d'abord comme cutter, puis comme yawl et a réussi dans ce gréement.

Ainsi, la classe des grands cutters a eu l'an dernier une lutte animée : des constructions nouvelles promettent pour la saison prochaine un surcroît d'émulation. En 1878, ce sont les constructions de Cowes qui ont eu l'avantage sur celles de la Clyde; l'honneur en revient à l'auteur de *Kriemhilda,* de *Vol-au-Vent* et de *Formosa.*

Les 40 tonneaux. — Cette classe comprend des coureurs d'un tonnage à peu près égal; presque tous sont de construction récente ou sont modifiés depuis peu. En voici la nomenclature :

					Modifié en
Britannia	40 tonneaux	construit par	Hatcher. . .	1875	
Christine.	40	—	Ratsey. . . .	1876	
Coralie.	40	—	Reid.	1875	
Coryphée.	40	—	—	1878	
Diana	40	—	Boag.	1876	
Glance.	35	—	Hatcher . . .	1855	1876
Myosotis.	40	—	Ratsey. . . .	1872	1875
Niobé	40	—	Hatcher . . .	1863	1875
Norman.	40	—	— . . .	1872	
Bloodhound. . .	48	—	Fife	1874	

Ici, encore, c'est la rivalité entre les cutters écossais et les cutters anglais du Sud qui donne l'intérêt à la lutte; mais cette lutte n'a pas l'éclat des courses des 100 tonneaux.

Myosotis de Ratsey, qui avait été, en 1877, à la tête de sa classe par 776 liv. st. gagnées, conserve son rang en 1878, ayant gagné 740 liv. st. en 16 premiers prix et 2 seconds, après une longue campagne dans laquelle il compte 31 courses sur la Clyde, la Mersey, la Tamise et le Solent. Plusieurs fois il courut dans les grandes classes et battit tous les favoris dans les cutters comme dans les schoners, *Formosa, Vol-au-Vent et Miranda.* La valeur des prix gagnés par lui dans cette saison le place à la tête du gréement de cutter. *Myosotis* de vent léger est un bateau supérieur, même à des coureurs plus grands, et il a toutes les qualités de vitesse des constructions de Ratsey, développées au plus haut degré.

Après lui vient *Coryphée,* qui paraît pour la première fois en 1878. Construit avec un étambot droit de manière à profiter de toute la longueur de la voûte que le règlement primitif du Racing association ne comptait pas dans la jauge, il est lent à virer et perd ainsi l'avantage de sa marche dans les petits bords; mais il est le meilleur de sa classe dans les eaux ouvertes. *Coryphée* a été construit par Reid et Cie de Glascow. Il ressemble beaucoup à un célèbre petit 10 tonneaux, *Florence.* Sa construction a des couples en acier destinés à supporter une quille en plomb de 15 à 16 tonneaux. Il a pour son tonnage une grande longueur. *Coryphée* a gagné 200 liv. st. en 6 premiers prix et 2 seconds sur 16 courses.

Coralie du même constructeur n'a couru que 8 fois, et a gagné 4 premiers et un second prix, d'une valeur totale de 265 liv. st. Elle a réussi à battre *Myosotis* et *Coryphée.* Il est fâcheux qu'elle n'ait pas suivi plus assidûment les courses.

Norman est un bateau du célèbre Hatcher de Southampton. Il a peu couru, mais d'une manière assez satisfaisante pour gagner 6 premiers prix et 4 seconds sur 14 courses. C'est le champion de la classe des 40 tonneaux par fortes brises comme *Myosotis* en est le champion par les brises légères.

Niobé, un vieux coureur du même constructeur, a peine à soutenir sa réputa-

tion contre les nouveaux bateaux. Il a couru 11 fois et gagné 60 liv. st. en un premier prix et 3 seconds prix.

Diana de Boag, du chantier de Fairlie, a commencé sa carrière comme yawl, et n'a pas de chance si ce n'est à voilure égale, il a de belles qualités toutefois. Il n'a gagné que 30 liv. st. en un premier prix sur 9 départs.

Glance a contre lui sa forme ancienne et son tonnage inférieur. Il a couru 8 fois et gagné 25 liv. st. et un second prix au Havre; c'est un des bateaux qui ont fait la réputation d'Hatcher.

Christine de Ratsey lui fait moins d'honneur que ses autres constructions. C'est un bateau de proportions de longueur et de profondeur inusitées : 67 pieds 3 pouces de long sur 11 pieds 5 pouces de large et 14 pieds 6 pouces de creux. Il est un exemple du danger qu'il y a à exagérer la longueur en sacrifiant le bau et que ne peut combattre l'énorme lest en plomb. *Christine* n'a gagné qu'un deuxième prix de 10 liv. st. sur 9 départs.

Bloodhound et *Britannia* n'ont pas couru pendant la dernière saison.

Les petits cutters. — Sous ce nom générique je crois devoir réunir les quatre classes inférieures des 20, 15, 10 et 5 tonneaux.

Toutes ces classes présentent en effet les caractères similaires d'une grande longueur par rapport à la largeur, d'un creux considérable, d'un déplacement plus fort relativement que celui des grands bateaux; mais il y a une chose qui leur est particulièrement spéciale, c'est leur énorme lest en plomb qui égale et même dépasse leur tonnage de course.

A voir le degré d'excès auquel on est arrivé par le plomb comme moyen de porter la voile, il me semble que le *Racing Association* se serait épargné beaucoup de peine, si au lieu de créer quatre classes inférieures pour les petits bateaux, *d'après un tonnage conventionnel*, il les avait réunis en une seule classe, et déterminé l'allégeance entre eux *d'après le plomb* qu'ils emploient comme lest. En procédant ainsi, il aurait tout naturellement réglementé par une loi de course ce que les nécessités de la course obligent de faire.

Cela peut paraître paradoxal, mais quand on songe que, dans la pratique, les bateaux de 20 et 15 tonnes de jauge portent de 16 à 18 tonnes de poids en plomb; que les bateaux de 10 et 5 tonneaux de jauge portent de 6 à 10 tonnes de poids de plomb, il peut être acceptable qu'on puisse baser un système d'allégeance sur le plomb, aussi bien que sur le déplacement, sur la longueur ou sur tout autre sujet. Ce système aurait au moins le mérite de la simplicité, et serait en outre l'expression de la véritable puissance des bateaux; et puisque le plomb et la toile sont pour la course deux éléments corrélatifs, il pourrait s'appliquer sans inconvénient aux bateaux des classes inférieures qui sont dans des conditions presque identiques.

Ainsi dans les deux premières classes *Vanessa* (20 tx) porte 16 tonnes 1/2 de plomb, *Maïa* (20 tx) 17 tonnes, *Maggie* (15 tx) en a 16; dans les deux dernières *Préciosa* (10 tx) a 9 tonnes 1/2, *Fréda* (5 tx) a près de 6 tonnes. Ainsi, le plomb augmente en raison inverse de la taille, plus le bateau est petit, plus il porte de lest relativement à sa grandeur, plus il est par conséquent nécessaire d'augmenter le creux, c'est-à-dire la *chambre à air* destinée à le faire flotter.

Ce que je viens de dire d'un système qui aurait le plomb pour base n'a pas d'autre but que de montrer quelles conséquences a produites le mode de mesurage inauguré par le *Royal London*, je crois, et accepté par le *Royal Thames* en 1858 et que le *Racing Association* a maintenu.

On sait comment le mode de mesurage procède : la longueur est prise de dehors en dehors de l'étrave à l'étambot sur le pont (c'est à la flottaison depuis cette année); de la longueur ainsi prise on déduit la largeur, ce qui reste est

considéré comme la longueur réelle. Cette longueur est multipliée par la largeur et le produit par la demi-largeur considérée comme creux, le produit total est divisé par 94; les Anglais comptent en pieds; il faut si l'on compte par mètres comme en France, diviser par 27. Il est facile de comprendre que l'élément de la largeur se reproduisant deux fois dans le calcul pour le mesurage, il y avait intérêt à diminuer la largeur pour arriver à un tonnage moindre. De là des bateaux longs; mais les bateaux longs n'offrant pas suffisamment de résistance à l'effort de la voilure, on a cherché à suppléer à la largeur par le creux. Le creux n'étant pas limité, on a pu l'augmenter sans contrôle. Avec un creux démesuré, avec le mode de lestage par le plomb dans la quille, on est arrivé à retrouver par la stabilité de poids ce qu'on enlevait à la stabilité de forme, c'est-à-dire à compenser par le lest ce qui manquait à la largeur. A force de pousser à la longueur, de pousser au creux et de pousser au lest pour maintenir l'équilibre du système, il en est résulté des exagérations que de savants constructeurs n'ont pas toujours su éviter et qui en sont la critique la plus sérieuse.

Mais, dira-t-on, ce n'est qu'au point de vue de la course que ce système à outrance du plomb et de la voile a été poursuivi? Or, les résultats de la course justifient les moyens employés. J'avoue que, sous ce rapport, c'est une chose merveilleuse de voir à quel degré de raffinement les Anglais sont arrivés pour tirer parti de leurs formes de bateaux, longues, étroites et profondes : suppression des poids inutiles dans les hauts, des installations extérieures pour enlever tout ce qui peut charger et donner prise au vent, réduction de la mâture inférieure, agrandissement de la mâture supérieure pour pouvoir accommoder la voilure suivant le temps; élévation de la coque au-dessus de l'eau pour supporter une grande inclinaison, mais en même temps excessive légèreté dans la construction pour que l'effet du redressement par le plomb conserve toute son énergie; et par-dessus tout, concentration dans la quille ou sur la quille, c'est-à-dire au point le plus bas possible, de la presque totalité du lest pour contre-balancer l'effort des voiles. Mais est-on arrivé vraiment au but utile et pratique du yachting (auquel je faisais allusion précédemment), de faire connaître par l'épreuve des courses quels sont les meilleurs et les plus confortables bateaux pour la mer? Je ne trouve pas que les modernes petits cutters, qui taillent si vaillamment leur chemin dans la mer, mais y plongent leur avant jusqu'au mât, à cause du poids énorme de leur lest, qui les empêche de lever sur la lame, résument la perfection des qualités nautiques. Je crois qu'on a tort d'appeler de tels bateaux des bateaux-marins, c'est plutôt sous-marins qu'on devrait dire. Sans doute, c'est un curieux spectacle de les voir plonger dans la mer, *ces dauphins à ventre de cuivre*, comme les qualifie un auteur anglais dans son enthousiasme du cutter national, mais au prix de quels inconvénients ! Est-ce en effet de la navigation de plaisance que d'être continuellement sous l'eau, les capots fermés, le pont balayé de bout en bout par la mer, menacé à chaque instant d'être coffré par une lame, parce que le bateau ne *flotte* pas et ne s'élève pas sur la vague. Je disais un jour au patron d'un de ces petits clippers si bien taillés pour la course : « *Votre bateau doit beaucoup mouiller, vous avez besoin de bottes.* » Il me répondit avec un flegme tout britannique : « *Des bottes, c'est inutile, ça passe par-dessus la tête.* »

A ces bateaux de course de 20 et 15 tonneaux des temps modernes, je préfère hautement les bateaux d'une autre époque, un 15 tonneaux par exemple, comme le petit *Vesper* du célèbre Marett, qui, dans la tempête furieuse du 14 août 1852, doublait la pointe de Portland, sans condamner son capot d'avant et avec un cock-pit ouvert. Je préfère, je le répète, les bateaux qui flottent sur la mer aux bateaux sur lesquels la mer passe, et comparaison pour comparaison,

j'aime mieux pouvoir dire d'un bateau qu'il est comme un oiseau sur la mer plutôt que de dire qu'il est comme un dauphin (pl. XVII, fig. 17 et 18).

Il ne faut pas que nous autres, Français, nous nous laissions aller à l'idolâtrie du petit cutter anglais au point de l'admirer jusque dans ses défauts. La cause de ces défauts est, sans doute, dans les nécessités de la course, en vue de laquelle tout est sacrifié : car dans le bateau que les Anglais appellent le *Cruiser*, c'est-à-dire le bateau de plaisance pour la promenade et le voyage, ils ont soin de se défendre de cette exagération de creux, de lest et de voilure. Aussi est-ce là, dirai-je, qu'il nous faut chercher de bons modèles en rapport avec notre tempérament et nos habitudes nautiques; des bateaux qui nous fassent sentir le plaisir de naviguer au lieu de prendre pour exemple des bateaux faits plutôt pour nous en dégoûter.

D'ailleurs il n'est point toujours constamment vrai que ces bateaux si étroits et si creux, si lestés, soient meilleurs que ceux de proportions plus correctes; ils sont supérieurs de temps moyen tant qu'ils peuvent porter la voile grâce à leur plomb, mais dans des grandes brises et avec de la mer, les bateaux de forme moins exagérée ont souvent l'avantage. Le journal le *Yacht* dans une étude faite sur les bateaux de l'Itchen, a cité avec raison, l'exemple d'une course gagnée par un de ses bateaux, *Rayonnette* sur *Lily*, un des plus célèbres coureurs parmi les 10 tonneaux et plus long comme taille.

J'en citerai d'autres exemples dans nos bateaux de course français : combien de fois a-t-on vu aux régates de Dinard et de Saint-Malo nos coureurs faire échec aux cutters de Jersey, parce qu'à longueur égale nos bateaux ont une capacité et une résistance plus grande.

Enfin il n'y a pas qu'en Angleterre de bons modèles à prendre pour les petits bateaux. Pourquoi tant dédaigner la forme de nos excellents pilotes et de nos bateaux de pêche qui valent bien ceux des Anglais? Pourquoi ne pas s'inspirer des bateaux américains qui ont le tort de ne pas être assez connus, des célèbres *pilot-boats* des États-Unis et du Canada? Ils ont cependant une réputation universelle et incontestée comme marche et comme ensemble de qualités nautiques; ils ont surtout la qualité si précieuse, dont les constructeurs américains se préoccupent particulièrement dans les navires de petite dimension, de s'élever facilement à la lame.

Au principe de la construction anglaise d'un grand poids et d'une dimension profonde, opposons le principe de la construction américaine d un petit déplacement et d'une grande flottaison.

Passer sous l'eau comme des dauphins ou voguer dessus comme des oiseaux, voilà bien dans leur antagonisme les deux systèmes anglais et américain, lequel est le meilleur? Lequel est à préférer pour une nation qui débute dans le yachting, et qui avant de faire de la course une étude toute spéciale, a besoin de se familiariser, par l'habitude de la navigation et des voyages, avec les bateaux et avec la mer?

Ces réserves faites, il est intéressant de connaître ces petits cutters anglais dont la vaillance à la mer étonne, et malgré tout, a droit d'être admirée.

Les 20 et les 15 tonneaux. — Il y a une telle analogie entre ces deux classes, surtout dans l'état actuel, que je ne vois pas la nécessité de les séparer dans cette étude, malgré la distinction qu'en a faite le *Racing Association*, distinction qui, pour moi, n'a eu d'autre but que de ne pas léser des intérêts privés, et qui, à ce titre, ne doit avoir qu'un caractère transitoire.

Les 20 tonneaux forment une classe qui compte de nombreux coureurs. Nous citerons les plus connus :

Vampire	construit par	Hatcher	1851
Lizzie	—	—	1868
Vanessa	—	—	1873
Enriqueta	—	—	1877
Quickstep	—	Fulton	1872
Fleetwing	—	Robinson	1873
Playmate	—	Ratsey	1875
Thyra	—	Fife	1875
Irène	—	Harris	1876
Frederica	—	—	1876
Butterfly	—	Stowe	1876
Maia	—	Clayton	1878

Le vieux *Vampire* construit, en 1851, par Hatcher, pour 15 tonneaux, modifié en 1856, et porté à 18 tonneaux, est resté pendant vingt années le premier de sa classe, et ce n'est qu'en 1872 que *Lizzie*, du même constructeur, est parvenue, après quatre ans de lutte, à lui être supérieure.

En 1873, parut *Vanessa*, également d'Hatcher, et qui est devenue un bateau de course des plus célèbres d'Angleterre; car sa carrière depuis ses débuts jusqu'à ce jour n'a été qu'une suite non interrompue de victoires. *Vanessa*, dans les 20 tonneaux, comme *Florinda* dans les yawls, est un coureur hors ligne. Elle a fait, pendant cinq années, 120 courses (35 seulement ont été infructueuses) et a gagné 2,025 liv. st., plus de 50,000 francs, c'est-à-dire plus de deux fois ce qu'elle a coûté. Sa dernière campagne sous un nouveau propriétaire et avec un nouveau *master*, Georges Cranfield, qui avait commandé *Merle* et *Neptune* avec tant de bonheur, a été la plus fructueuse de toutes; elle a gagné 540 liv. st., dans la saison en 32 courses, 23 premiers prix et 3 seconds. Il est bien rare de voir un yacht de course conserver en vieillissant une telle supériorité.

Tous les concurrents de *Vanessa* ont successivement disparu. *Butterfly*, de Stow, sur le plan de M. Dixon Kemp; *Playmate*, de Ratsey; *Thyra*, de Fife se sont retirés de la lutte. L'un des plus redoutables a été, en 1876 et 1877, *Challenge*, construit par Sherlock sur les plans de M. Richardson, architecte naval de Liverpool, et qui s'était montré son rival et même son égal. La fortune, qui a toujours souri à *Vanessa*, a voulu que *Challenge* fut vendu en France, en 1878, où il a sous le nom de *Peau-Rouge* continué ses succès. Après *Challenge*, *Enriqueta*, encore un bateau d'Hatcher, a cherché à rivaliser avec *Vanessa*, mais inutilement; cette tentative fut enfin reprise par *Maia*.

A la fin de la saison, il n'y avait plus de bateau à courir contre *Vanessa*. Son propriétaire, dédaignant les faciles victoires d'un coureur solitaire, préféra se retirer des courses et la fit hâler à terre, suivant en cela l'exemple donné par le propriétaire du schooner *Miranda*.

Vanessa a porté au plus haut point la réputation d'Hatcher, le premier constructeur de l'Angleterre pour les petits bateaux; Hatcher, lui-même, a cherché en vain à faire mieux que *Vanessa*, et, comme je l'ai dit ailleurs, il n'a pu l'égaler (pl. XVII, fig. 15 et 16).

Les courses de 20 tonneaux ont présenté à l'ouverture de la saison un grand intérêt par la rivalité de *Vanessa* et d'*Enriqueta*, les deux favoris, et plus tard par l'apparition de *Maia*, un nouveau 20 tonneaux construit de l'année, en tôle d'acier.

Après une première rencontre sur la Tamise, où *Vanessa* arriva première contre *Enriqueta*, mais dont le résultat parut complétement douteux, les propriétaires des deux bateaux engagèrent trois courses entre eux seulement. Le résultat de deux de ces courses fut en faveur de *Vanessa*. Les deux bateaux se trouvèrent en présence dans 16 courses. *Vanessa* gagna 11 premiers prix et 1 second, tandis que *Enriqueta* gagna seulement trois premiers prix. Dans les trois courses

où ni l'une ni l'autre ne gagna, *Maia* en eut les honneurs. Ainsi, on voit que la performance de *Vanessa* a été décidément supérieure à celle d'*Enriqueta*.

Enriqueta gagna 370 livres plus la coupe du championnat du Royal-Alfred-Yacht sur 38 courses (12 premiers prix et 2 seconds), et quand *Vanessa* n'était pas présente, *Enriqueta* était toujours supérieure aux autres concurrents par belle brise.

Avant de parler de *Maia*, il est juste de ne pas omettre *Quickstep*, un bateau particulièrement heureux, surtout de faible brise; il fit 18 courses et gagna 5 premiers prix, mais dans des circonstances de vent qui n'étaient pas bonnes pour *Vanessa* et *Enriqueta*, au total 232 liv. st., plus la coupe du premier prix du championnat de Royal-Alfred. A cette dernière course, où il n'y avait presque pas de vent, il battit les grands cutters et les yawls, *Gertrude*, de 80 tonneaux, et *Myosotis*, de 50 tonneaux.

L'apparition de *Maia* dans le cours de la saison fut un événement. Ce bateau se plaça au premier rang en battant *Vanessa* et *Enriqueta* dans une grande brise; mais, malgré deux autres succès sur *Vanessa*, le résultat des engagements la constitue inférieure vis-à-vis d'elle.

Maia fit 20 courses et gagna 135 livres en 3 premiers et 6 seconds prix.

Le caractère général de la construction des bateaux de cette classe est démontré par le plan de *Vanessa*, donné d'après l'ouvrage de M. Dixon Kemp (yacht Designing) et dont la vue vaut mieux qu'une description détaillée (1).

La finesse des lignes de l'avant, la position du maître couple en arrière du milieu du centre de longueur, la forme de ce maître couple faite en vue de l'abaissement du centre de gravité du lest justifient les grandes qualités de marche de ce bateau, le plus parfait d'Hatcher.

Vanessa a été citée comme le bateau le plus vite de l'Angleterre pour sa taille. En 1873, elle donna la preuve dans une course à Southampton de 20 milles de longueur, d'une vitesse de 9 nœuds 67 à l'heure par grande brise et mer plate, et deux jours après, dans une autre course de 20 mille en deux tours, par un vent à tout porter, elle eut une vitesse de 7 nœuds à l'heure. Ces deux exemples indiquent la moyenne de sa marche.

Enriqueta sort du chantier d'Hatcher, à trois ans de distance. « D'après cette date, dit le savant rédacteur du *Field*, il devrait s'en suivre qu'*Enriqueta* présenterait les perfectionnements accomplis depuis cette époque. Nous ne connaissons rien de remarquable qui ait été inventé dans cet intervalle, en dehors de la pratique de mettre le plus de poids possible dans la quille. *Vanessa* a 16 tx 1/2 de plomb, *Enriqueta* presque le double. Elle est aussi un peu plus longue que *Vanessa* et sa voûte a été faite en vue de porter étant immergée, tandis que *Vanessa* a sa longue voûte retroussée. Toutefois, *Enriqueta* a un contour plus profond et plus aigu que *Vanessa*, la différence dans la forme, la proportion et le lest dans *Vanessa* ne paraissent avoir de valeur pour la marche, et dans la brise qui convient à *Enriqueta*, *Vanessa* est un bateau supérieur. »

Maia, le plus long des 20 tx, est en tôle d'acier et a été construite sur les plans de M. Clayton de Liverpool. Sa quille forme une boîte à lest rectangulaire, 9 tx 1/2 de plomb sont coulés dans cette quille. En outre, elle a 7 tx de plomb dans ses fonds. Plus de plomb et plus de toile pour battre *Vanessa*, tel est le but. Son entrée est merveilleusement réussie; elle est plus fine que dans *Vanessa* et *Challenge*; ses fonds sont allongés par une courbe très-douce. Son maître-couple, en tenant compte de la différence en moins de la largeur, est tout-à-fait semblable à celui de *Vanessa*, mais généralement ses lignes d'avant et d'arrière sont plus affinées que dans les autres bateaux. *Maia*, cependant, n'a

(1) Voir la planche.

pas complétement répondu à ce qu'on attendait d'elle; ce bateau, pour sa première saison, n'est peut-être pas trouvé, ou bien le poids de son bordé et de ses membres en tôle d'acier qui est de 11 tx $^1/_2$, est-il plus lourd et par suite moins favorable à la marche que celui des membres et bordé en bois. Toutefois, elle a montré dans les grandes brises une véritable supériorité.

Un nouvel adversaire pour *Vanessa* est actuellement en construction chez Ratsey, et ce bateau sera certainement très-redoutable, car il est fait sur les mêmes principes que la célèbre *Formosa*. Il est intéressant de connaître les détails de construction de ce bateau, dans lequel les derniers perfectionnements de l'art moderne se trouvent réunis.

« La membrure a 3 pouces $^1/_2$ d'épaisseur, le bordé de 1 pouce $^1/_2$ est jusqu'à la flottaison en pitch pin, les haux en teck, tous bois de premier choix, depuis un an dans le chantier. C'est le 20 tonneaux le plus fin de sa classe, et il a beaucoup de *Formosa*. D'abord, comme celle-ci, il a un déplacement inusité en profondeur; comme elle également, le corps de la carène descend très bas, suivant la forme cylindrique, pour se raccorder par une courbe bien suivie à une quille très-haute et convexe au milieu; il a une maîtresse section d'une grande surface dans laquelle existe un peu de creux dans le pied. L'avant est relevé en arrondi, et, comme l'étrave, a une forte pince au pied; les lignes d'eau inférieures paraissent plutôt pleines, mais cela provient de ce que l'extrémité de ces lignes à l'avant n'a pas la longueur suffisante pour se perdre dans le massif de l'étrave. Originairement, d'après le plan, il devait avoir une voûte immergée (égale à la différence entre la longueur de l'étrave à l'étambot sur le pont et celle de l'étrave à l'étambot à la ligne d'eau), mais la règle du mesurage du *Racing Association* venant d'être modifiée et comptant la longueur à la flottaison, son étambot a été couché en arrière jusqu'au point où il coupe la ligne de flottaison, de telle sorte qu'il est reporté sur le pont d'environ 18 pouces en arrière. Le lest sera placé très bas dans la plate-forme de raccordement du maître-couple avec la quille; il sera de 18 tonneaux de plomb, dont 13 tonneaux à l'intérieur et 5 tonneaux dans la quille. La surface de la voilure sera très-grande, mais, sans aucun doute, le bateau la portera bravement. »

Le tableau suivant des dimensions comparatives de *Vanessa*, *Challenge* et *Maia*, c'est-à-dire des plus célèbres coureurs parmi les 20 tonneaux, et du nouveau 20 tonneaux en construction chez Ratsey, complétera cette description.

	Venessa.	Challenge.	Maïa.	Ratsey.
	—	—	—	—
	pieds p.	pieds p.	pieds p.	pieds p.
Longueur totale.	54.7	»	59.1	»
— pour tonnage	48.5	47 7 1/2	49.6	49.10
Bau	9.10 1/2	9.10	9.8 1/2	9.9 1/2
Creux	»	»	»	9.1
Position du maître couple en arrière du milieu de la longueur à la flottaison.	1.32	2.9	1.53	1.2
Centre de la latérale résistance en arrière du milieu de la longueur à la flottaison . . .	1.32	»	1.59	1.1
	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.	tonneaux.
Déplacement à la flottaison .	28.5	27.6	30.4	34
Tonnage de course.	19.99	20.1	19.99	20
Poids du lest complet (plomb) .	16.1/2	15.1/2	16	18
	pieds car.	pieds car.	pieds car.	pieds car.
Surface de la flottaison	318	326	340	326
Surface du maître couple . . .	36	34	35.6	42.7

	pieds.		pieds.	
Mât, du pont aux jottereaux .	39.6	»	34.6	»
Bôme	39	»	42.9	»
Pic	29	»	29.7	»
Beaupré en dehors	24	»	24	»

Les 15 tonneaux n'ont plus de raison d'être en présence de la classe des 20 tonneaux, et si la nécessité de leur disparition comme classe avait besoin d'être justifiée, elle le serait surabondamment par la preuve que les nouveaux 15 tonneaux sont égaux en capacité aux 20 tonneaux.

Tel est le résultat du nouveau type de 15 tonneaux créé par Hatcher à la dernière saison.

Maggie est un puissant bateau dans lequel sont réunis tous les perfectionnements de la construction moderne ; c'est un défi porté à la classe des 20 tonneaux ; à l'égard de ceux-ci, elle a presque la longueur d'un 20 tonneaux comme *Lizzie*, et elle est moins large ; à l'égard des 15 tonneaux elle est plus longue et moins large également. Elle porte plus de lest que ces derniers, est plus solide à la mer, et en même temps elle réunit le confort d'aménagement d'un 20 tonneaux de promenade.

Dans ces conditions, elle s'est montrée supérieure aux meilleurs 15 tonneaux, a eu toute cette classe à sa merci, et elle s'est fait sa part de succès sur les 20 tonneaux comme sur les 10 ; elle a même eu la chance de battre *Vanessa*. Elle a fait 30 courses et a gagné 268 liv. en 15 premiers prix et 2 seconds. *Maggie* rappelle beaucoup *Vanessa* comme forme extérieure, mais elle se rapproche plus d'*Enriqueta* par la finesse des fonds.

Ses dimensions de mâture indiquent qu'elle a presque la puissance d'un 20 tonneaux.

Bas mât	28	pieds.	6 pouces.
Mât de hune.	29		—
Beaupré en dehors	21		—
Bôme.	37		—
Pic	25		—
Vergues de flèche.	25	et	35
Bôme de spinnaker.	39		

Les succès de *Maggie* ont provoqué déjà des constructions nouvelles du même genre pour la prochaine saison ; plusieurs 15 tonneaux sont en chantier chez M. Hatcher et A. Payne à Southampton, Weymouth chez Talcot, à Fairlie chez Fife.

En réalité, le but qu'on se propose en adoptant la série des 15 tonneaux est de profiter de l'allégeance vis-à-vis des 20 tonneaux, et de profiter vis-à-vis des 10 tonneaux de la supériorité de la taille et de voilure que l'allégeance ne peut compenser.

Les 10 tonneaux. — Avant 1877, les courses des 10 tonneaux étaient presque entièrement confinées sur la Mersey, la Clyde et en Irlande ; mais, depuis cette époque, elles se sont développées sur la Tamise avec un entrain extraordinaire, et, soit à cause du voisinage de Londres, soit parce que la Tamise offre des facilités de navigation plus grandes que la mer, il s'est fondé sur ses bords des stations de course qui sont, au moment de la saison des régates très-fréquentées : Erith, Greenhite, Gravesend sont les principales de ces stations où fleurit le yachting des petits bateaux.

Il y a dans cette classe une grande rivalité entre les constructions du Nord, de l'Ouest et du Sud, et jusqu'à ce jour, il faut le dire, ce sont celles du Sud

qui ont le moins d'avantages; il est toutefois difficile de ne pas reconnaître dans les bateaux de cette classe une grande supériorité de construction; ils sont généralement bons, aussi leur concurrence présente un vif intérêt, car il y a une grande incertitude sur leur ordre probable d'arrivée.

Le caractère général des 10 tonneaux peut se résumer en l'un deux, *Lily*, construit en 1875 par MM. Bukley et Sherlock, de Liverpool, sur les plans de M. Alexandre Richardson de cette ville, un amateur que le goût de la science nautique et une aptitude toute spéciale pour la construction ont poussé à faire sa carrière comme architecte naval.

Lily représente les conditions de course du 10 tonneaux moderne.

Les dimensions de *Lily* sont les suivantes : longueur, 36 pieds 6 pouces; largeur, 8 pieds; tirant d'eau arrière, 6 pieds 9 pouces; position du maître couple en arrière du milieu du centre de la longueur à la flottaison, 2 pieds 10 pouces; lest, 6 tonneaux et demi tout en plomb, dont plus de 4 tonnes dans la quille.

L'auteur de *Lily* s'exprime ainsi : « En faisant le plan de ce bateau, je me suis attaché à produire un bateau qui n'excédât pas 10 tonnes, mais, pour tout le reste, je n'ai eu en vue que la vitesse. Dans le but de porter de la voile, une grande pièce de plomb a été placée au-dessus de la quille, qui a été faite aussi forte que pour un 15 tonneaux. La quille en plomb a elle-même 10 pouces de large dans le haut. Le bateau est réellement solide à la voile et porte plus que les bateaux de sa taille; le grand poids de lest en plomb dans sa quille n'a aucun inconvénient. Ses meilleures qualités sous voiles sont au plus près et au vent arrière. Il est doux au gouvernail, vire facilement de bord et se tient bien en cape ».

M. Dixon Kemp ajoute : « Le principal caractère du plan, basé sur une quille aussi pesante, est de laisser libres les extrémités de l'avant et de l'arrière qui, pour la taille de ce bateau, sont très-allongées; autrement, une quille aussi pesante et un long mat de hune n'auraient pu être placés sans inconvénient.

Une autre considération qu'il importe de signaler, c'est la courbure de sa quille (*rockered Keel*), qui a le double objet d'avoir au milieu des façons du bateau une action efficace, et de former par sa base un point de rotation sur lequel reposent les évolutions du bateau. Le principe de la quille *rockered* se trouve dans l'*America*, de Steers, de 1851, mais les Anglais sont restés longtemps sans vouloir l'appliquer; ce n'est que depuis quelques années seulement qu'ils en ont compris l'avantage, aussi bien pour cette courbure qui forme dérive sous le bateau, que pour le relèvement en rond de la quille à l'avant.

Lily, après avoir débuté sur la Mersey, est maintenant sur la Tamise; il a eu son temps de coureur, et encore actuellement il tient son rang honorablement, et avec beaucoup de vent et forte mer debout, il est peut-être supérieur à tout ce qui a été fait depuis.

Lily a été imité par les constructeurs du Nord et du Sud, perfectionné peut-être pour la vitesse, mais il n'a été rien fait de plus complétement réussi.

Ainsi que je l'ai dit au commencement, les courses de cette classe se font dans trois centres différents : dans le Sud sur la Tamise et le Solent; dans le Nord sur la Clyde et la Mersey; dans l'Ouest, sur la côte d'Irlande. L'éloignement ne permet pas à ces petits bateaux les voyages de régate qu'accomplissent les grands yachts de course à chaque saison. Il faut donc les passer en revue dans le lieu même où chaque groupe prend part aux courses.

Dans le Sud, les principaux coureurs sont :

Lily, construit par Sherlok, de Liverpool	1875
Mosquito (ex-*Quéta*), par Dickenson	1875
Preciosa, par Luke (Southampton)	1878
Merle, par Reid et Cie (Glascow)	1873

Chip, par Hodger		1873
Milred, par Diemmer		1877
Volga, par Fife (Fairlie)		1878
Juliette, par Forrest		1877
Elaine, par Dickenson		1876
Florence, par Reid		1876
Hagarène (ex-*Boreas*), par Reid		1867
Kismet, par Dickenson	1868	1876

Lily, *Mosquito* et *Merle* ont eu leurs jours de gloire; mais les succès de *Florence*, depuis qu'elle a paru, et particulièrement dans la dernière saison, la placent au premier rang. Sur quarante-quatre courses qui ont eu lieu dans le Sud, *Florence* en a fait 40; jamais aucun yacht n'avait couru autant de fois dans une seule année, et sur ces 40 courses, elle a gagné 36 prix, savoir 31 premiers et 5 seconds. Elle a gagné une somme de 344 liv. sterl., plus la valeur de la coupe du Royal Cinque Ports Yacht-Club, qu'elle prît à *Lily*, le vainqueur de 1877, et qu'il devait gagner deux fois, pour qu'elle lui appartînt définitivement.

« Et, chose non moins remarquable, c'est que son propriétaire, M. Henry Little, était à bord dans chaque course. Il y a peu de propriétaires de yachts dont on pourrait en dire autant, et c'est un exemple qui devrait être suivi. » *(Land and Water).*

« Durant les premières courses qu'elle fit sur la Tamise, *Florence* n'était pas dans sa forme; cela provenait, soit de ce que sa grand'voile était usée et faisait le sac, ou parce qu'il y avait à bord des choses d'installations étranges pour un bateau d'une extrême délicatesse et d'un tempérament de sensitive, comme celui d'une jeune demoiselle; mais quand Bevis et son équipage vinrent à comprendre ce petit bateau et connurent son humeur et qu'il eut une voile neuve de Lapthtorn, il commença comme il vient d'être dit, la plus brillante campagne que jamais bateau de sa taille ait faite *(Field).* »

Florence se rencontra avec tous les bateaux de la série, à l'exception de *Lily* et de *Quiraing*. Sa présence était un motif pour venir concourir, et quoique plusieurs de ses rivaux puissent faire un bon match avec elle (*Volga* dans le près, plus que tous les autres, quand il peut porter son clinfoc dans une mer clapoteuse), aucun d'eux ne pourrait lui montrer le chemin par un bon vent avec flèche dessus et sans ris; avec le second flèche, à la fin de la saison, elle fit voir sa marche supérieure au vent à côté de *Lily*, quoique le vieux bateau soit encore le meilleur au près par une mer complétement debout.

Après *Florence* viennent *Merle* et *Preciosa* qui gagnèrent chacun 111 livres. Tous deux firent 17 courses, *Merle* gagna 6 premiers prix et 3 seconds, et *Preciosa* 6 premiers, 2 seconds et 1 troisième, de telle sorte que le bateau de Port Glascow *Merle* a fait mieux que l'autre. Mais il faut remarquer que pendant que *Preciosa* se rencontrait avec *Florence*, *Lily* ou *Volga*, *Merle* alla à l'Est et eut même à lutter contre *Preciosa*, le bateau de Southampton. *Merle* et *Preciosa* semblent égaux entre eux, *Merle* n'a peut-être pas donné tout ce qu'il pouvait, et *Preciosa* a été malheureuse au commencement de la saison à cause de ses flèches qui ne portaient pas bien, mais quand Lapthorn lui eut refait ses voiles, elle se montra dans sa vraie forme et aussi bonne qu'elle était bien maniée.

Dans un vent léger, soit *Merle*, soit *Preciosa* semblent meilleurs que *Florence*. En faisant des bords au près du vent avec marée contraire sur la Tamise, *Preciosa* généralement a l'avantage à cause de son léger tirant d'eau, mais avec marée contraire, dans une eau profonde, et de longs bords, la grande marche de *Florence* la met souvent au premier rang.

Mildred s'est bien montré et a gagné 95 liv. sur 30 courses, 3 premiers prix,

six seconds et 1 troisième, mais il fut rarement capable de l'emporter sur *Florence*.

Lily, qui fit aussi bien qu'en 1877, commença la saison comme s'il voulait reproduire sa précédente performance, mais soit par mal-chance, soit plutôt à cause de la force de ses nouveaux concurrents, il ne gagna que 75 livres sur 34 départs; 2 premiers prix, 1 second et 1 troisième. *Lily* et *Florence* ne se sont jamais rencontrés.

Chip, nouveau bateau de l'année, a montré qu'il était un fin voilier dans le près, mais il est un peu lourd dans son allure et dans son sillage, comparativement aux meilleurs de sa classe, et il n'a pas été heureux; il a couru 25 fois et a gagné 50 liv., 9 prix : 1 premier prix, 6 deuxièmes et 2 troisièmes.

Juliette, avec presque tout son lest en fer, fait bonne figure à côté de ses concurrents lestés en plomb, et il n'est pas douteux que ce soit un bon et solide bateau à la mer, et avec brise au plus près, flèche dessus, elle s'est fait remarquer parmi les bons bouliniers.

Elaine a été modifiée durant la saison, mais sans grand résultat, bien qu'il soit constant qu'elle peut lutter comme marche avec les autres. A Great-Yarmouth, elle fit une course contre *Kismet*, dans un vent très-violent et la plus grosse mer de la saison, avec sa grand'voile, tous ses ris pris, sa trinquette et son foc de cape, elle battit *Kismet* d'une minute, après la plus belle course que jamais 10 tx puisse faire et gagna le prix.

Mosquito (ex-*Quéta*) courut çà et là et gagna un prix au Havre battant de grands yachts de 40 tx par vent léger.

Hagarène (ex-*Boréas*) gagna quelques prix et courut assez bien pour faire honneur au chantier de Port-Glascow d'où elle sort. Elle vient d'être achetée, en France, par M. Paul Caillard, et est arrivée actuellement dans un port de Bretagne, après une dure traversée qui a donné la preuve de ses qualités nautiques.

Volga alla au sud après les régates d'Irlande dans le but de s'essayer contre *Florence*, mais quoique ce soit un bon petit bateau, il ne peut compter pour un adversaire sérieux vis-à-vis d'un coureur hors ligne comme *Florence*.

La lutte dans le nord n'est pas moins animée. Voici les noms des principaux coureurs :

Quiraing	construit par	Watson	1878
Volga	—	Fife	1878
Gondola	—	Boag	1874 / 1878
Naïad	—	Dickenson	1870
Cloud	—	Boag	1872
Bonita	—	Watkins	1876
Carïna	—	Boag	1877
Lancer	—	Fife	1873
Verve	—	Watson	1877
Minnow	—	Amateur	1878
Gwendolin	—	White	1871 / 1875
Mohican	—	Philips	1878
Ripple	—	Fife	1878
Seagulle	—	Darton	1878
Wonderfull	—	Shaw	1878
Spinaway	—	Lean	1876

Quiraing est de tous le plus célèbre, il est aussi invincible dans le Nord que *Florence* dans le Sud; il est à regretter qu'ils n'aient pas pu se rencontrer. *Qui-*

raing a fait une brillante saison comme résultat; il parut dans 25 courses, gagna 16 premiers prix et 5 seconds, au total 268 liv. st., plus deux coupes de 45 liv. st.

Le meilleur après lui est *Volga* qui souvent le serra de près. Ce petit bateau gagna 108 liv. st. en 28 courses, 6 premiers et 6 deuxièmes, et ce, toujours avec des adversaires plus forts, tels que *Quiraing* dans le nord et *Florence* dans le sud.

Gondola réussit et gagna 67 liv. st., non compris 55 liv. st., valeur de la coupe du championat et du Royal Alfred, en 4 premiers et 2 seconds prix sur 16 courses.

Verve n'a pas été heureuse, se trouvant, au moment où elle venait d'être lancée, déclassée comme 10 tonneaux depuis la règle où les fractions de tonneaux sont comptées; elle a dû courir avec les 15 ou 20 tonneaux. Elle marcha toutefois si bien qu'elle enleva beaucoup de prix sur les 15 tonneaux *Rival, Ripple,* et deux fois, à Baugor, arriva première en tête de ces bateaux supérieurs comme tonnage.

Verve, à cause de sa mesure, ne put faire que 12 courses, mais elle ne perdit pas son temps et gagna 217 liv. en 6 premiers prix et 3 seconds : ces résultats dans de telles conditions prouvent que *Verve* est un bon bateau. La nouvelle manière de mesurer à la ligne d'eau que vient d'adopter le *Racing Association,* lui permettra d'entrer à l'avenir dans sa vraie classe des 10 tonneaux et ce sera sans aucun doute un digne antagoniste pour *Quiraing* et *Volga; Verve* a en longueur de l'étrave à l'étambot 37 pieds 11 pouces et une longue voûte basse plus grande que celle d'un 20 ton., et 7 pieds 11 pouces de largeur. Son maître couple a du creux par le pied, mais de la force dans son contour; elle a une quille de 6 tonnes et demie placée sous une carlingue d'un autre tonneau de plomb. Sa surface de voilure est, comme celle de *Florence*, de douze cents pieds carrés environ.

Après, vient *Lancer* avec 45 liv. plus 55 liv. de la coupe du Championat du Royal Alfred, gagnées en 6 premiers prix et 3 seconds sur 18 départs.

Cloud, Gwendolin, Bonita, Mohican, Ripple, Seagull, Wonderfull, Spinaway arrivent à gagner des prix, mais sont inférieurs aux bateaux coureurs qui précèdent.

Cette classe des 10 tonneaux, qui comprend les bateaux au-dessus de 5 tonneaux, comporte une quantité considérable d'embarcations qui, soit comme *Racers* et *Cruisers*, sont répandues dans tous les ports et abris de la côte anglaise. Le 10 tonneaux moderne, par ses dimensions, est un bateau des plus maniables avec un faible équipage et présentant cependant par sa taille des conditions de marche et de sécurité à la mer, et en même temps d'un confort relativement suffisant pour des excursions motivées par les courses et la promenade, c'est ce qui explique son succès.

On peut juger par le détail suivant des dimensions des deux célèbres coureurs de cette classe, *Florence* et *Preciosa :*

	Preciosa.	Florence.
Longueur totale.	43 pieds. 6 pouces.	44 pieds.
— pour tonnage . . .	35 —	37 —
Largeur	8 — 6 —	7 — 14 pouces.
Tirant d'eau.	6 — 4 —	6 — 4 —
Lest en plomb dans la quille.	5 tonneaux 1/2	5 tonneaux 1/2
Lest intérieur plomb	2 — 1/2	2 — 1/2
Lest total	8 —	8 —
Surface de voilure.	1200 pieds carrés.	

Les 5 tonneaux. — La classe des 5 tonneaux a bien changé depuis quelques années.

En 1873 et en 1874, *Diamond* et *Arrow* paraissaient être les plus parfaits d'entre les petits bateaux. Ils seraient incapables de lutter aujourd'hui avec les longs voiliers, dont les constructeurs du Nord ont fait adopter les formes.

Il est nécessaire pour bien comprendre les nouveaux 5 tonneaux de montrer ce qu'étaient les anciens.

Diamond avait été construit par Stowe, de Shoreham, *Arrow* par Stone, d'Erith.

Voici quelles étaient leurs dimensions principales :

	Diamond.	Arrow.
Longueur pour tonnage sur le pont.	25 pieds 6 pouces	27 pieds.
A la ligne d'eau	24 — 1 —	28 (1).
Bau	7 —	7 pieds 1 pouce.
Tirant d'eau arrière	4 — 6 —	4 — 6 —
Lest à l'intérieur.	2 tonneaux 1/2	3 tonneaux 1/2
	Plomb.	Fer.
Dans la quille	1 13	
Surface de voilure.	570 pieds carrés	590 pieds carrés.

En regard de ces mesures, j'oppose celles du type du 5 tonneaux moderne :

Longueur de tête en tête sur le pont.	39 pieds 9 pouces.
De l'étrave à l'étambot	31 — 3 —
Bau	6 — 1 —
Tirant d'eau arrière	6 — 1 —
Lest en plomb.	8 tonneaux.
Dont, dans la quille	4 — 1/2
Surface de voilure	900 pieds carrés.

Tel est le 5 tonneaux qui se présente comme le type du bateau de course dans cette classe. On voit que ce n'est plus déjà un petit bateau, mais un *grand petit* bateau. Il arrive à avoir en largeur le sixième de sa longueur, un tirant d'eau égal à sa largeur, et du plomb, plus que son tonnage réel de course, pour porter sa voilure. Pour diminuer le poids et le fardage, on a supprimé la claire-voie et même le cock-pit; il n'y a plus qu'un trou où le timonier peut se placer, et dans ce trou, en forme de puits, donne la porte d'accès pour pénétrer à l'intérieur. Quant à l'équipage, quand il n'est plus sur le pont, il trouve son logement dans ce qui forme la cabine, et une place dans les cadres au vent; détail qui n'intéresse pas la course, et dont il n'y a pas à s'inquiéter.

Je dis que, dans ces conditions, le nouveau 5 tonneaux est le bateau de course en miniature, le bateau-école pour la manœuvre, le bateau du yachtsman qui débute et qui tient à honneur de manier lui-même son embarcation; qu'il mérite à ce titre une étude sérieuse, car on ne saurait trop favoriser tout ce qui peut encourager le zèle et l'amour-propre des novices; mais je ne puis le considérer comme un véritable spécimen de bateau destiné à naviguer, car, malgré tous ses perfectionnements, le 5 tonneaux n'en reste pas moins un bateau trop petit pour avoir les qualités de résistance nécessaires à la mer; il n'est qu'un instrument curieux de course, destiné à montrer l'habileté et l'audace du patron et de son équipage.

(1) L'*Etrave* est renversée en arrière, l'étambot a de la quête en sens contraire, ce qui explique que *Arrow* est plus long à la flottaison que sur le pont.

Sans doute il arrive à tenir la mer, et mieux qu'on ne pourrait le supposer, parce qu'il est complétement ponté et a la condition d'être continuellement mouillé et balayé par la lame d'un bord à l'autre. C'est un joujou marin, mais ce n'est pas là un bateau de mer.

En créant le 5 tonneaux comme classe, le *Racing Association* n'a certainement pas eu autre chose en vue que de favoriser le *goût du yachting*, qui (on ne saurait trop le répéter), *commence par le petit bateau et se continue par le grand yacht.*

Les grands constructeurs anglais, comme d'autres moins célèbres, n'ont pas dédaigné de s'occuper des petits bateaux. Reid et Watson de Glascow, Fife de Fairlie, Hatcher et Lucke de Southampton, Harvey de Wivenhoë, Ratsey de Cowes l'ont fait, et ils se sont trouvés souvent en concurrence avec des amateurs dont les idées ont quelquefois prévalu sur la science et l'expérience pratiques des hommes de l'art.

De ces essais de construction dont l'honneur revient aux uns comme aux autres, est résultée la création du 5 tonneaux moderne, qui est peut-être l'exemple du progrès le plus grand, le plus audacieux accompli dans le yachting de course; c'est-à-dire : qu'à un bateau dont la capacité nautique était insuffisante, on est arrivé à donner par les artifices de la construction une puissance supérieure à celle que sa taille semblait comporter.

Constructeurs et amateurs, tous se sont appliqués à *faire grand* en petit, et ils ne sont pas tombés dans l'erreur de croire que pour construire un 5 tonneaux il fallait faire la réduction d'un 50 ou d'un 100 tonneaux; car, la capacité décroissant comme les cubes, ils auraient par ce procédé créé des bateaux sans force, tandis qu'ils cherchaient à faire des bateaux puissants en flottaison et en voilure.

Ces considérations avaient besoin d'être exposées avant de passer en revue les coureurs de cette classe.

Il faut, pour les 5 tonneaux comme pour les 10, les faire connaître par groupes principaux.

Dans le nord, sur la Clyde, les coureurs à remarquer sont :

Vril,	construit par	Watson (de Glascow)	1876
Camélia	—	Fife.	1876
Clio	—	—	1877
Clytie	—	—	1877
Rose	—	— Atkinson (Dublin)	1877

Vril paraît le meilleur de tous; il gagna 107 liv. st. en 11 premiers prix et 3 seconds par 20 courses.

Rose gagna 9 premiers prix et 1 second sur 15 courses, au total 128 liv. st. plus 3 coupes du championat de 70 liv., de telle sorte que, comme valeur de prix, elle est à la tête des 5 tonneaux.

Camélia enleva seulement 3 premiers prix et 1 second sur 18 courses, 46 liv. st.

En Irlande parmi les nombreux coureurs il faut citer :

Freack, par Watson, 1878; *Vagabond*, par Harvey, 1878; *Lucinde*, par M. Hear, amateur, 1877.

Les deux premiers tiennent la tête. *Lucinde*, qu'on dit supérieure par un gros temps, n'a pas été favorisée.

Sur la Mersey, la flottille est nombreuse, mais le plus célèbre est *Lorelei* construit par un amateur, M. Eyton, son propriétaire, en 1878; il a sur tous une éclatante supériorité. Il fit 12 courses, gagna 11 premiers prix et 1 second, au total 97 liv. st. Sa campagne sur la Clyde a été très-heureuse; c'est le meil-

leur des bateaux du Nord, comme *Fréda* (dont je vais parler tout à l'heure) est le meilleur des bateaux du Sud.

Lorelei et *Fréda* ne se sont jamais rencontrés, mais M. Eyton ayant appris par le *Field*, que *Fréda* est donnée comme le champion du Sud, a écrit pour proposer un défi en trois épreuves pour la saison prochaine.

Au Sud, il y a moins d'animation. « La course des 5 tonneaux, dit le *Land and Water*, pourrait se résumer ainsi : *Fréda* première, le reste rien; car cette petite merveille a fait complétement disparaître les 5 tonneaux par sa marche supérieure, comme fit *Miranda* à l'égard des schooners. *Fréda* courut dix fois et gagna dix premiers prix d'une valeur de 85 livres. Brise légère ou fort vent, peu importe à ce petit navire, et comme coureur ou comme croiseur, il n'a pu être battu; peut-il même trouver un égal? c'est ce qui paraît douteux! »

Après ce qui a été dit de *Lorelei*, on voit que *Fréda* peut lui être opposée; tous deux sont des bateaux supérieurs. La photographie de *Fréda* la représente comme un bateau de mâle apparence ayant tous les caractères du type de cutter de course moderne; la muraille est haute, le pont complétement fermé à l'avant comme à l'arrière, la tonture élégante et le gréement, comme la mâture, d'excellentes proportions. Le bateau est à l'ancre, mais il semble tout prêt à se mettre sous voiles, à prendre la mer, et à affronter le vent et les vagues.

Fréda a été construite par Hatcher en 1876. Elle a la longueur d'un 10 tonneaux. Elle mesure en effet 39 pieds 9 pouces sur le pont, et 31 pieds 3 pouces pour jauge de course, sur 6 pieds 1 pouce; elle tire 6 pieds 1 pouce, et porte 8 tonneaux de plomb.

Alouette, construite par Robertson en 1876 a vainement essayé de rivaliser avec *Fréda*; elle en diffère tellement par sa capacité que c'était impossible (longueur 39 pieds 6 pouces, largeur 5 pieds 8 pouces, tirant d'eau 5 pieds 6 pouces, lest 4 tonnes et $^1/_2$ de plomb). J'ai vu *Alouette* à sec et à flot devant le chantier d'Hatcher à Southampton : c'est un diminutif de yacht, tandis que *Fréda* a l'apparence d'un grand bateau. *Alouette* est très-rase sur l'eau, pontée en entier avec un trou pour le timonier, et paraît surmâtée pour sa force; elle a 700 pieds carrés de voilure.

Il faut ajouter que *Fréda* doit sa réputation autant à sa construction qu'à l'habileté de son propriétaire, M. Webb, qui la mène toujours lui-même, en course comme en voyage. Sa campagne de courses de trois mois depuis la Tamise jusqu'a Plymouth avec un homme seul pour équipage a été donnée par le *Field*. Elle est fort curieuse par les détails qu'elle contient sur la conduite des bateaux, par les préceptes de navigation pour la mer, les concernant; et enfin par la durée même d'une habitation aussi longue dans un aussi petit yacht, qui présente juste l'abri et le confort nécessaires pour l'amateur qui a la passion de naviguer. Sous ce dernier rapport il est certain toutefois, que sans avoir ses aises comme dans un grand yacht on pouvait séjourner dans ce petit bateau. « On a souvent demandé, dit M. Webb dans sa relation, comment on pouvait vivre et même se coucher dans si peu d'espace, et rarement on me croyait, quand je répondais que c'était très-confortable. Ma cabine a deux sophas, l'un se déplie et fournit un bon et grand lit. Un coussin, une couverture et le lit sont liés dans la journée et placés dans la chambre aux voiles qui est suffisamment grande pour tenir toute espèce de choses, entre autres cinq focs, une grand'voile, trinquette, trois huniers et deux spinnakers. Et ce n'est pas tout : il y a place encore pour le canot en toile qui s'y rentre plié. »

Fréda vient d'être vendue à M. Fox de Plymouth, qui entend la faire courir dès la prochaine saison.

Les courses des 5 tonneaux promettent une grande animation et un grand intérêt, si *Lorelei* et *Fréda* doivent se rencontrer dans un match tout spécial

comme on le dit, et s'il survient dans l'intervalle quelque nouveau bateau capable d'entrer en lutte avec les deux favoris.

— Me voilà arrivé à la fin d'une étude qui de prime abord ne semblait pas comporter tant de développements.

Être incomplet, c'était être obscur. J'ai préféré entrer dans les détails qui m'ont paru nécessaires pour faire connaître et comprendre l'état actuel du yacting en Angleterre, au risque même de fatiguer mes lecteurs; qu'ils me le pardonnent, en raison de l'intention que j'ai eue de leur communiquer ce que moi-même j'étais heureux d'apprendre.

V. — LES THORNYCROFT.

Après cette étude très-complète, il nous reste peu de chose à dire sur le yachting en Angleterre. Nous avons vu à l'œuvre ces fameux clubs si riches, si puissants dans leur organisation, passé en revue ces constructeurs de yachts dont l'industrie constitue, de l'autre côté de la Manche, un honneur national; admiré ces chefs-d'œuvre d'architecture navale qui excitent dans nos ports une curiosité si justifiée.

Nous regretterions toutefois de négliger complétement la navigation à vapeur, et surtout de passer sous silence un chantier dont le propriétaire est connu aujourd'hui du monde entier. Nous voulons parler de M. Thornycroft.

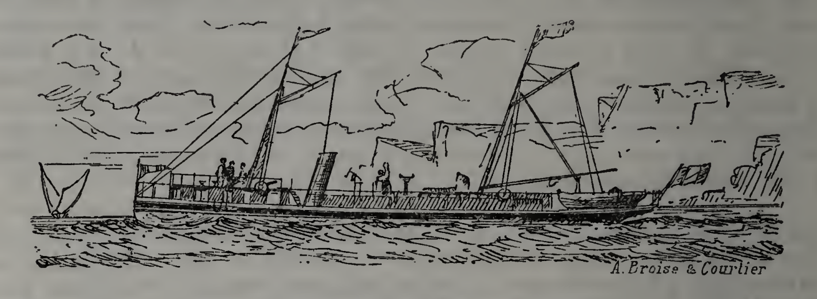


Fig. 7. — Bateau à vapeur, système Thornycroft.

Qu'on ne soit pas étonné, toutefois, de nous entendre parler, dans une étude sur la navigation de plaisance, des bateaux à vapeur système Thornycroft, c'est-à-dire de bateaux destinés à porter les torpilles et par conséquent à évoquer des idées dévastatrices peu compatibles avec le yachting. C'est que le système Thornycroft, torpille à part, se recommande tout spécialement à l'amateur qui désire posséder un yacht à vapeur, réunissant toutes les qualités requises. En effet, la première condition exigée par un yachtsman d'un navire à vapeur est la vitesse; la seconde est une disposition telle que la machine, tout en étant très-puissante, occupe le moins de place possible; la troisième, enfin, est que cette puissante machine puisse fournir une vitesse considérable même avec un navire de petite dimension.

Or, le système Thornycroft réunit ces trois conditions essentielles, et ce n'est pas là seulement une supposition théorique. L'expérience a été faite et d'une façon concluante. C'est M. Thornycroft qui a construit le yacht à vapeur, la *Gitana*, pour madame la baronne de Rothschild, qui l'a fait transporter démonté, sur le lac de Genève. La *Gitana* n'a que 27 mètres de long sur 2 mètres de

large, et cependant, avec ces dimensions restreintes, elle est arrivée à réaliser une vitesse de 21 nœuds (39 kilom.) à l'heure, vitesse qui n'avait jamais été atteinte même par les grands navires, y compris les transatlantiques, et qui devient prodigieuse quand il s'agit de petits modèles. Après cet essai, qui a fait l'étonnement du monde, et que tous les journaux ont longuement raconté, on peut s'attendre à tout. Aussi n'a-t-on plus de motifs de mettre en doute le bien fondé des prétentions de M. Thornycroft qui, dans une lecture faite devant les membres du *Royal united service institution*, s'est fait fort de construire un navire capable de filer 25 nœuds à l'heure.

Le système Thornycroft nous appartient donc et réalise si bien le vœu du yachtsman, qu'il a sa place toute marquée ici.

Les grandes vitesses étaient autrefois exceptionnelles à la mer. On citait seulement quelques navires comme le *Leinster*, l'*Ulster* et le *Connaught*, chargés de transporter les malles entre l'Angleterre et l'Irlande, de Holyhead à Kingstown, qui aient atteint 17 nœuds (33 kilom. à l'heure). Ce sont de grands paquebots de 3,000 tonneaux dont les machines emplissent presque exclusivement les cales.

Le *Prince-Impérial* avait des vitesses analogues dans ses traversées entre Calais et Douvres.

Plusieurs navires américains ont atteint de très-grandes marches, mais c'étaient toujours de très-grandes constructions, munies de très-lourds appareils moteurs. Parmi les yachts rapides, nous devons citer le *Grille*, le *Jérome-Napoléon*, l'*Hirondelle*, tous construits par M. Normand, du Havre. Leur vitesse était un peu supérieure à 15 nœuds (28 kilom. à l'heure).

La première embarcation à vapeur très-rapide fut construite en 1872, par M. Thornycroft. Elle avait 15 mètres de long et atteignait la vitesse considérable de 18 *mile* 65/100, soit 16 nœuds 2/10, soit 30 kilom. à l'heure. Elle se nommait *Miranda*.

Il faut observer, ici, que les Anglais ont deux espèces de mille, le *Statute mile* et le *Nautical mile*. Le *Statute mile* a seulement 1,609 mètres de long, tandis que le *Nautical mile* a, comme le mille nautique des autres pays, 1,852 mètres. La remarque n'est pas inutile, car les constructeurs anglais, afin de rendre leurs résultats plus favorables en apparence, expriment quelquefois les vitesses en milles de 1,609 mètres, et les personnes qui ignorent ce procédé sont surprises des chiffres qu'on leur met sous les yeux.

Quoiqu'il en soit, et la rectification une fois faite, les résultats de la *Miranda* étaient déjà très-remarquables. Ils eurent un grand retentissement, et plusieurs gouvernements et particuliers, firent des commandes importantes à M. Thornycroft. Celui-ci réalisa dans sa nouvelle construction de notables progrès. Il avait bien, dès l'origine, employé des machines Compound pour mouvoir directement les hélices de ses bateaux à raison de 400 tours par minute; mais il n'avait pas osé imprimer ce nombre de pulsations à ses pompes à air de circulation et alimentaires. Tous ces services étaient mis en mouvement par des machines spéciales. Enhardi par le succès, M. Thornycroft supprima ces intermédiaires et obtint une diminution de poids importante et un meilleur rendement de la vapeur disponible. L'hélice, étudiée par ses soins, fut avantageusement modifiée, en ce sens que les ailes furent faites en tôle d'acier, forgées et clavetées après coup, sur un moyeu en acier. Leur épaisseur réduite, leur inclinaison vers l'arrière, contribuèrent à assurer leur bon fonctionnement.

On a prétendu que la position de l'hélice, placée en porte à faux à l'arrière du gouvernail, contribuait à ce résultat. On serait disposé à penser que l'hélice fonctionnait alors dans de l'eau d'autant moins agitée qu'elle était plus éloignée du remous de la coque, et qu'elle trouvait alors un meilleur point d'appui.

Mais M. Thornycroft n'y attacha pas grande importance, puisque dans la construction qu'il exécute actuellement pour le Gouvernement français, les hélices doivent être placées en avant du gouvernail, comme d'usage. L'hélice placée en arrière du safran a l'inconvénient de ne pas être protégée contre les abordages et de rendre le navire moins sensible à l'action du gouvernail. Ces deux inconvénients sont graves aussi bien pour un yacht que pour un porte-torpilles (voir pl. XVII, fig. 8).

La disposition qui compléta le succès des bateaux rapides, fut l'introduction de l'air comprimé dans la chambre de chauffe de la chaudière. Une manche à à vent sert de tuyau d'aspiration et de prise d'air extérieur par un ventilateur mu à une vitesse de 1,200 tours par une machine à vapeur microscopique. déverse son air dans la chambre de la machine complétement close par des portes et des claires-voies à coulisse. La pression de l'air, pour les grandes allures, peut s'élever jusqu'à 15 centimètres d'eau. Les hommes ne sont guère influencés par cette augmentation de pression, car elle correspond à une variation de 11 à 12 millimètres du baromètre. Mais l'air comprimé qui n'a d'autre issue que la grille de la chaudière, son foyer, et ses tubes, s'y précipite avec fureur sans que la cheminée doive être utilisée pour activer le tirage.

Tous ces perfectionnements, joints à l'étude très-complète de la résistance des organes de la machine, à l'emploi de l'acier et autres matériaux de premier choix, à des soins de construction allant jusqu'à forer les tiges de piston afin de les alléger, ont permis de réduire le poids de la machine à un chiffre si faible, que ce moteur, développant plus de 400 chevaux indiqués, ne pèse que 5,500 kilogr. soit 13 kilogr. 800 par cheval, sans eau ni accessoires et 19 kilog. tout compris. On voit que c'est encore là, quand il s'agit d'un yacht, un avantage qui n'est pas à dédaigner. Les coques, de leur côté, furent soigneusement étudiées. Les courses à l'aviron qui passionnent si justement les Anglais, avaient déjà indiqué quelles étaient les formes les plus favorables à une grande vitesse et, à l'exemple des embarcations de course, les maîtres couples presque toujours circulaires furent adoptés, et le pied des couples maintenu très-plein jusque vers la rablure.

L'arrière est relativement moins fin que l'avant, afin d'éviter l'acculage dû à la vitesse et les lignes d'eau sont légèrement convexes, presque droites. Les matériaux de construction sont de premier choix et la résistance doit en être très-grande, puisque, devant leur chantier de la Tamise, les constructeurs laissent leurs bateaux échouer à chaque marée. La résistance d'un navire bordé en tôle, même très-mince, est en effet considérable, mais il faut que les matériaux soient de très-bonne qualité et soigneusement assemblés.

A ce propos, il faut citer le fait suivant relatif au *Vernon-Croissy*. Ce yacht mesurait 18 mètres de long, sur 2 mètres 25 de ban et 1 mètre 30 de creux. Il venait d'être acheté par le comte T... et se rendait du Havre à Naples en traversant la France par les canaux. En remontant l'Yonne, il toucha par l'arrière, pivota en travers de la rivière, formant barrage presque complet. Pour tirer le *Vernon-Croissy* de cette fâcheuse situation, on fut obligé de passer par les écubiers un câble sur lequel on attela 18 chevaux de halage. Le navire remis à flot n'avait aucunement souffert et put continuer immédiatement son voyage. Ce yacht était pourtant construit en tôle extrêmement mince, son bordé avait de 1 millim. 1/2 à 2 millim. 1/2 d'épaisseur, mais il était en tôle douce emboutie au marteau et à froid.

La perfection des formes des Thornycroft, leur légèreté leur assurent une navigabilité surprenante, et quoique leur stabilité paraisse médiocre au moment où on embarque sur le pont, peut-être même à cause de cette faible stabilité, leurs mouvements de roulis sont très-modérés, très-doux avec la houle de travers, et

ils ne sont pas gênés par la mer quand ils marchent vent debout. La confiance de M. Thornycroft et de ses marins pour ces curieux bateaux est absolue. Ceux qui ont été livrés au Gouvernement français, sont venus directement de Londres à Cherbourg sans se préoccuper de suivre la côte. L'heureuse issue de ce voyage et les essais faits à Cherbourg avec forte brise, ont justifié la bonne opinion qu'inspiraient déjà les qualités nautiques des nouveaux navires.

Les essais de vitesse ont été aussi complétement satisfaisants. On a obtenu avec une pression de 7 kilog. 5 dans la chaudière et un vide de 64 centim. au condenseur une vitesse de 18 nœuds (33 kilom. 1/2) soutenue pendant trois heures. La consommation du charbon est relativement très-réduite. La disposition de la chambre de l'avant, adoptée par les torpilleurs en vue d'un accident de guerre, peut être utilement conservée dans un yacht. Cette chambre forme en effet, un compartiment étanche destiné à empêcher le navire de sombrer, si son air n'étant pas amorti à temps, il venait à aborder son ennemi avec assez de violence pour se briser l'avant.

Nous en avons dit assez, croyons-nous, pour justifier les paroles par lesquelles nous avons commencé cette étude; il est certain, en effet, que les yachtsmen peuvent trouver des avantages nombreux, sinon à adopter dans son entier le système Thornycroft, du moins à conseiller à leur constructeur de s'inspirer des principes qui en font la base et qui peuvent être appliqués, avec grand profit, à un yacht à vapeur.

Empressons-nous d'ajouter, pour sauvegarder notre amour-propre national, que les constructeurs français n'ont pas voulu laisser à l'Angleterre le monopole d'une construction si remarquable. Il y a peu de temps, les essais officiels d'un bateau torpilleur construit par M. A. Normand, du Havre, ont eu lieu à Cherbourg. Ils étaient d'autant plus intéressants que deux bateaux étaient présentés à la même Commission, l'un par M. Augustin Normand, et l'autre par M. Thornycroft lui-même. Les expériences ont été faites sur une base de 1 mille marin (soit 1,852 mètres), mesurée sur la digue de Cherbourg.

Le bateau torpilleur de M. Normand est sorti le premier, et après avoir fait six parcours le long de la digue, il a obtenu une vitesse moyenne de *19 nœuds 855*. Le bateau a atteint par moments jusqu'à *20 nœuds* 22, ce qui représente environ 37 kilomètres par heure. — Le torpilleur anglais, étant sorti ensuite, a fait également ses six parcours et est rentré après avoir obtenu *17 nœuds 60*.

Le nouveau torpilleur de M. Thornycroft n'a donc pas atteint la même vitesse que la *Gitana*, dont nous avons parlé plus haut. Cependant nous devons nous féliciter que, dans cette lutte engagée entre les deux bateaux, celui de M. Normand ait eu, cette fois, un avantage marqué. C'est là un succès dont il a le droit d'être fier.

VI. — LE ROWING EN ANGLETERRE.

Le canotage à l'aviron n'est pas moins en faveur, en Angleterre, que la navigation de plaisance à voiles. Les adeptes de ce genre de sport, n'ont pas à vaincre les préjugés contre lesquels sont obligés de lutter les amateurs français. Ils sont, au contraire, l'objet d'encouragements nombreux, de la part du public, et du public le plus élégant, de l'État, des Universités et des nombreuses sociétés qui se sont formées pour favoriser les exercices du corps. On va même plus loin dans cette voie, et les chefs des Universités, considérant que la pratique raisonnée de l'aviron est essentiellement utile pour l'entretien de la santé et, par conséquent, des facultés intellectuelles, font entrer le canotage dans

l'ensemble des exercices qui constituent l'éducation des jeunes gens. Nous laissons aux moralistes le soin de faire ressortir l'habileté de la méthode anglaise qui a su régler un plaisir et lui donner une direction salutaire. En France, au contraire, où les jeunes gens, enfermés, sont privés de tout exercice, de tout plaisir bien compris, le premier effet de la liberté est de les livrer à un déchaînement funeste à leur santé et à leur avenir. C'est ainsi que pour eux le canotage a été, jusqu'ici, un prétexte à manifestations tapageuses, plutôt que la pratique d'un sport réparateur. Nous verrons toutefois, quand nous nous occuperons du rowing français, que la jeunesse fait d'elle-même des efforts constants et fructueux pour modifier à ce point de vue, les habitudes et les préjugés de notre pays.

Le concours donné par des hommes faits et sérieux, au développement du canotage en Angleterre, a eu pour résultat d'en faire un exercice parfaitement raisonné et essentiellement salutaire. L'entraînement constitue, en effet, de l'autre côté de la Manche, une science réelle. Il nous est impossible, ici, de nous étendre longuement sur la manière dont il est compris; qu'on nous permette seulement d'en donner une idée.

D'abord pendant les six semaines que devra durer l'entraînement, plus de théâtre, plus de soirées, plus de liqueurs fortes; en général, se lever de bonne heure et faire une marche de 5 à 6 kilomètres avant d'aller à ses affaires; le soir, aussitôt libre, faire de la rame pendant une bonne heure, à toutes les vitesses, sous l'œil du *coacher* ou entraîneur qui ne vous quitte pas de vue, et qui critique tous vos mouvements. Peu à peu, s'exercer à ramer avec une partie de l'équipage, puis avec l'équipe entière. Au bout d'un mois déjà un changement notable peut être observé chez chaque sujet : les yeux sont vifs, brillants; le teint frais; tout le corps prend l'aspect du marbre poli; la graisse a disparu, les muscles ont durci, la respiration est pleine, les efforts les plus violents seuls amènent la transpiration. Aussitôt que les équipiers rentrent, après une course d'essai, ils portent eux-mêmes leur bateau au hangard et, s'ils n'ont pas à leur disposition une salle de douches, ils se déshabillent, courent se mettre sous une pompe et s'aspergent pendant quelques instants d'eau glacée.

On comprend, si l'on a jamais joui des heureux effets du bain turc, combien cette manière d'amener la transpiration par un exercice au grand air, de prendre la douche et de rétablir la circulation par un nouvel exercice, la marche ou même la course, combien cette manière, disons-nous, est préférable aux moyens factices de l'étuve et du lit de repos.

Est-il étonnant, dès lors, que les Universités d'Oxford et de Cambridge se soient emparées de cet excellent moyen d'éducation corporelle? Nous citons Oxford et Cambridge parce que ces deux noms sont connus de tous et cités partout pour le caractère homérique des luttes auxquelles se livrent entre eux les élèves qui en font partie. Mais il est peu de colléges qui n'aient leur rowing club.

La place dont nous disposons ne nous permet pas de parler longuement de la régate annuelle (*University boat race*) à laquelle prennent part les élèves des deux Universités célèbres. Nous renvoyons ceux qui veulent être pleinement édifiés sur cette question aux journaux spéciaux *Land and Water* et *Field*, aux innombrables volumes que fait éclore chaque année, le canotage à l'aviron et particulièrement au livre très-bien fait et très-complet de MM. *Edwin Dampier Brickwood* publié à Londres, chez Horace Cox, 346 Strand W.C. Qu'il nous suffise de dire que cette course fameuse passionne au plus haut degré le monde des sportsmen. Chaque équipage se compose de huit rameurs et d'un barreur (Cocksvain). Après avoir subi trois mois d'entraînement préparatoire sur les petites rivières des deux Universités, l'Isis à Oxford et la Cam à Cambridge, les concurrents se transportent sur la Tamise, entre Putney et Mortlake,

où le parcours est marqué d'avance. Toute la presse de Londres annonce le jour et le lieu de la course. Des paris s'engagent; les amateurs assistent aux courses d'essai, afin d'étudier les progrès des élèves de chaque Université; on fait des rapports quotidiens sur leurs évolutions, leur état de santé; on suppute les chances des *bleu-clair* (Cambridge) et des *bleu foncé* (Oxford). On va jusqu'à publier le poids de chacun des champions de cette grande cause nationale qui est presque une lutte de partis, car les Universités d'Oxford sont libérales et celles de Cambridge, conservatrices.

Cette course universitaire, occupe une place à part dans le rowing anglais. En la laissant donc de côté, les plus importantes sont celles de Heuley et de Putney sur la Tamise; celle qui se donne à Putney et qui porte le nom de *Metropolitan amateur regatta*, a lieu sous le patronage du *London rowing club*, l'une des Sociétés nautiques les plus importantes de Londres et dont nous parlerons tout à l'heure. Les deux régates dont nous nous occupons offrent un intérêt particulier, et par la valeur des prix, et par cette convention tacite que les gagnants seront les champions de l'année. Heuley jouit de plus de cet avantage qui lui donne la première place, c'est que là seulement, les amateurs peuvent rencontrer les équipes à huit avirons des colléges d'Oxford et de Cambridge.

Voici comment, en général, sont choisies les équipes : vers mars ou avril les clubs forment des équipes d'essai pour examiner la valeur des différents membres. Ces équipes font l'entraînement partiel pendant un mois. Les exercices journaliers permettent aux autorités de juger des forces des différents candidats. Au bout du mois on fait une course entre ces équipes, et la meilleure est choisie pour représenter la Société. Cette équipe d'élite sera composée de dix à douze tireurs, de façon à ce qu'elle puisse toujours fournir son contingent de huit, en cas d'accident ou d'empêchement. Ces derniers sont soumis à un nouvel entraînement, mais celui-ci très-régulier et très-sérieux, qui sera de un mois à six semaines.

Ainsi formée, l'équipe doit se sentir puissamment armée pour soutenir la haute responsabilité qui pèse sur elle. Non-seulement il s'agit de prix quelquefois considérables, mais encore d'une question d'honneur entre les diverses Sociétés, si bien que la valeur des prix passe en réalité au second rang. Ainsi, par exemple, le *Challenge cup* donne lieu à une course des plus suivies. Il s'agit d'une coupe artistique d'une grande valeur réelle le plus souvent. Celle du Métropolitan a couté 8,750 francs, mais le gagnant ne la possédera pas en toute propriété. Ce prix appartient au club dont l'équipe a eu le numéro 1, et seulement pour l'année courante; l'année qui suit, cette coupe passera en d'autres mains, mais la passion qui s'attache à ce genre de sport est telle que toute l'ambition des lutteurs consiste à avoir pendant le plus grand nombre d'années possible cette propriété fictive. Toutefois, chaque équipier du bateau gagnant reçoit une médaille d'argent ou un objet d'art en commémoration de sa victoire.

Dans la course que nous venons de décrire, nous avons vu donner en prix la simple possession toute passagère d'un objet de valeur. Mais s'il était nécessaire de prouver d'une façon encore plus complète le désintéressement des coureurs anglais, on serait convaincu par l'exemple suivant. Au mois de mai ont lieu, entre les divers colléges, des courses à huit avirons. Elles durent six jours de suite. Le long de la berge, de 30 mètres en 30 mètres sont plantés des piquets, munis d'une corde au bout de laquelle est fixé un bouchon qui flotte sur l'eau. Chaque équipe prend sa place devant le piquet, et le barreur de chaque équipe tient à la main le bouchon qu'il a pris dans l'eau. Les piquets se trouvant à des distances bien égales, toutes les cordes étant exactement de a même longueur, chaque yole se trouve bien à sa place et aucun des coureurs

ne peut se dire lésé. A un signal donné par un coup de pistolet, toutes les équipes partent à la poursuite l'une de l'autre, l'équipe qui est en arrière cherchant à rattraper celle qui est en avant et à la toucher. Dès qu'un bateau est touché, le touchant et le touché se rangent immédiatement le long de la berge pour laisser passer les autres. Le lendemain on recommence, le touchant prenant la place immédiatement en avant de celui qu'il a touché, et ainsi de suite les jours suivants. Au bout de six jours, les équipes sont classées d'après l'ordre qu'elles ont eu en dernier lieu, et ce classement sert à définir la place que chaque équipe occupera l'année suivante. Comme on le voit, il n'est même plus question de jouir de la vue d'un objet d'art qui vous rappelle au moins sous une forme tangible le succès que vous avez remporté, mais d'une satisfaction toute morale, celle qui consiste à se dire qu'on a eu le premier rang et qu'on a su le garder.

Ce désintéressement que s'imposent, d'ailleurs volontairement, les coureurs est fait pour relever singulièrement le sport nautique, et les Anglais le comprennent si bien, que la plupart des Sociétés songent à supprimer d'une façon absolue les primes en argent, sauf pour les régates données à la mer, et à les remplacer partout par des médailles ou des objets d'art.

On voit par les détails qui précèdent, la passion que mettent les Anglais dans les choses du sport nautique et en quel honneur ils le tiennent. Aussi, comprend-on que le rowing ait pris un développement extraordinaire. Mais, de même que pour le yachting à voiles, on se tromperait si l'on jugeait qu'il a fallu de longues années, pour permettre à nos voisins d'atteindre ce grand développement.

L'extension énorme du rowing date, en effet, de 1856, époque de la fondation du *London rowing club* dont l'organisation a servi de modèle, depuis, à la plupart des autres Sociétés.

Les anciens clubs se composaient, d'ordinaire, d'une demi-douzaine d'enthousiastes et de leurs amis, et ces clubs, d'une existence éphémère, duraient, au plus, quelques années. Le *London* fut établi sur une base plus solide et n'a fait qu'augmenter en force et en vigueur depuis sa fondation. Les membres en sont élus, au scrutin, en assemblée générale sur la proposition de deux membres. La souscription annuelle est de 50 francs, plus un droit d'entrée de 50 francs pour la première année.

En 1869, le *London* désirant se faire bâtir un local digne de lui, s'est constitué en Société en commandite afin de pouvoir faire les emprunts nécessaires. Bâtiments, ameublements, embarcations, tout appartient à la Société. D'autres clubs se contentent de louer un local, mais les embarcations sont toujours leur propriété.

Dans d'autres cas, certains clubs font un arrangement à l'année avec un constructeur qui leur vend local et embarcations.

Les membres des diverses Sociétés, la plupart occupés dans les affaires, n'ont guère que les soirées d'été pour jouir de l'exercice de l'aviron. Ceux qui ont des loisirs peuvent se servir des embarcations à toute heure, mais, à moins de permission spéciale, les embarcations doivent être de retour au garage avant 5 heures. Dès leur arrivée, les sociétaires inscrivent leur nom sur un livre *ad hoc*. Le *capitaine*, ou à son défaut le *vice-capitaine*, forme les équipes, nomme le chef de nage, lui donne la liste de ses équipiers. Le chef de nage devient à partir de ce moment un véritable capitaine; chacun prend la place qui lui a été adjugée, sans observation, sans murmure, et le capitaine commande jusqu'au retour de l'équipe. Exemple de discipline que nos équipiers français admireront peut-être, mais ne suivront pas, à coup sûr! Si l'embarcation touche terre, et

si l'équipage se disperse, une heure est fixée pour le rendez-vous général, et si un équipier est en retard, le chef de nage a le droit d'engager un *waterman* pour compléter l'équipe, et ce aux frais du retardataire.

Une ou deux fois par mois, les membres ont entre eux des courses. Les entrées valent de 5 à 10 schellings. Le club ajoute une certaine somme aux entrées et chaque équipier de l'embarcation arrivée première, obtient, comme prix, une coupe ou un objet d'art quelconque, d'une valeur qui varie avec l'importance de la course.

Le *London rowing club* compte environ 500 membres. Viennent ensuite le *Thames rowing club*, qui en compte 300 et tant d'autres, dont le nombre des sociétaires varie entre 300 et 50 pour les moins importants.

Nous ne passerons pas en revue ces dernières Sociétés. La plupart, d'ailleurs, sont organisées d'après les mêmes principes qui régissent le *London rowing club*. Ce que nous avons dit de cette dernière suffira donc pour donner une idée générale de la manière dont se gouvernent les clubs nautiques. En terminant toutefois, nous ne voulons pas passer sous silence l'organisation intelligente grâce à laquelle les administrateurs de ces diverses Sociétés, savent donner au lieu de réunion des sociétaires tout le confort et tous les attraits possibles.



Fig. 8. — Pavillon du *London rowing, club.*

Le pavillon du *London rowiug club,* sur la Tamise, en donnera une idée suffisante.

Il est élégamment bâti sur le bord du fleuve. L'établissement ne porte pas directement sur le sol, mais est supporté à une certaine hauteur par des colonnes. Cette disposition permet de subir sans trop d'inconvénients, les débordements du fleuve et fournit surtout un garage commode pour les embarcations de la Société.

Un escalier double, placé sur le côté à l'extérieur, mène au premier étage où

se trouve la grande salle de réunion ayant vue sur le fleuve et le long de laquelle règne un balcon couvert. A côté du salon, et toujours sur la façade, est placée la salle du comité. Derrière une salle de toilette, une grande salle de bain avec tout ce qu'il faut pour que l'équipier, revenant de l'exercice, puisse prendre sa douche, car l'Anglais ne perd nulle part l'occasion de pratiquer cette hygiène nationale dans laquelle il puise une vigueur sans cesse renaissante. A côté, une buvette ou plutôt un véritable *bar*, car le *lunch* est au moins aussi national, de l'autre côté de la Manche, que la douche traditionnelle.

A l'étage supérieur, se trouve sur la rivière, la cuisine, l'office et les chambres de service, mais le devant est coupé par un toit en pente sur lequel sont disposés des gradins qui servent de tribune les jours de régates. Tout cela est admirablement compris, admirablement aménagé, parfaitement tenu. Aussi ne sera-t-on pas étonné d'apprendre que le pavillon du *London rowing club* représente une dépense de 92,500 francs. Nos amateurs français, après avoir étudié l'organisation du *rowing* lui-même, pourraient trouver dans cette installation un modèle à imiter.

Pour terminer ce qui regarde le yachting en Angleterre, nous dirons un mot, mais un mot seulement, de ses clubs fameux. On vient du reste, de les voir à l'œuvre et on peut les juger par les résultats, car c'est chez eux que se discutent chaque jour les perfectionnements à apporter à la construction, au gréement, à l'aménagement des yachts; c'est à la suite de longues délibérations que s'organisent les courses. Nous donnerons une place à part au *yacht racing association*, bien qu'il soit de fondation récente. On a vu en effet plus haut que cette sorte de congrès, sans absorber les autres sociétés qui conservent leur autonomie propre, est appelée à centraliser tout ce qui se rapporte au yachting de course. Elle est aujourd'hui sur le point de réaliser, d'une façon complète, son programme qui est de faire prévaloir un mode de mesurage général et unique auquel se conformeront tous les coureurs de la Grande Bretagne.

Le plus ancien yacht-club anglais est le *Royal Cork* d'Irlande. Un petit volume in-12, imprimé en 1865 et intitulé : « *Réglements et ordonnances du cercle nautique de Cork* » fait encore partie de la bibliothèque du club. Il donne deux listes de membres, l'une intitulée : « membres nouveaux », date de 1760, l'autre : « membres anciens » de 1720.

Il semble que cet ancien et « gallant » yacht-club appréciait hautement le beau sexe, car on trouve dans ses livres une décision du 9 juillet 1807 déclarant que les femmes et les filles des membres du club étaient elles-mêmes considérées comme membres et avaient le droit d'en porter les insignes. On dit que cette décision fut prise en raison du grand intérêt manifesté par les dames pour la prospérité du club, aux diners duquel elles ne dédaignaient pas d'assister en élégants costumes de marins.

Il existe encore deux anciens tableaux peints par un artiste liégeois, Monamy, offerts au club par l'amiral marquis de Thomond et qui représente des yachts appartenant au club de 1738. Ces tableaux ne sont pas intéressants seulement comme pièces nobiliaires témoignant de l'ancienneté du club, mais aussi par la comparaison qu'ils permettent de faire entre les bateaux de plaisance actuels et ceux du siècle dernier.

Vient ensuite par ordre d'ancienneté le *Royal-yacht-squadron*, le cercle le plus aristocratique du monde, fondé en 1815, quelques jours après la bataille de Waterloo. C'est le seul qui ait le droit d'arborer le pavillon blanc de la flotte royale anglaise. Le quartier général de ce club est à Cowes, où il occupe l'ancien château royal.

Le *Royal Thames yacht club*, le plus considérable, tant sous le rapport du nombre des membres que sous celui des yachts, fut fondé en 1823. Ce club possède un hôtel splendide à Londres, dans Albermarle street. Il jouit du titre de « royal » depuis 1847, époque où sa Majesté la reine Victoria le prit sous son patronage.

Parmi les autres cercles principaux on compte encore le *Royal Alfred yacht club*, de Dublin; le *Royal Saint-Georges*, de Kingstown; le *Royal Victoria*, de Ryde, île de Wight; le *Royal cinque ports*, de Douvres; le *Isle of Purbeck yacht club*; le *Royal Engineer*; le *Royal Holyhead*; le *Royal Torquay*; le *Royal Albert*, de Southsea; le *New Thames*, et tant d'autres dont la nomenclature serait fastidieuse, quoique instructive.

Il nous est impossible d'indiquer club par club le nombre des membres et des yachts qui leur appartiennent. Nous nous bornons à signaler un chiffre, mais suffisamment significatif :

Le *Hunt's Universal yacht List* qui publie un état résumé de tous les clubs anglais avec le nom et le tonnage des yachts, nous fait savoir que les yachts inscrits cette année sont au nombre de 3.419, formant un total de 90.703 tonneaux. Quand on songe que tous les clubs ne sont pas portés sur cette liste, que les bateaux de petit tonnage en sont généralement exclus, qu'en dehors des yachts appartenant à des membres de clubs, il en est beaucoup qui appartiennent à des propriétaires indépendants, on peut se faire une idée, rien que par ce chiffre, du goût qu'ont les anglais pour la navigation de plaisance et du chemin que nous avons à faire pour entrer en lutte avec eux.

VII. — AMÉRIQUE.

Immédiatement après l'Angleterre, il faut placer au point de vue de l'importance du yachting, les États-Unis d'Amérique. On a déjà vu, quand nous avons parlé des courses anglaises de 1878, le rôle considérable qu'a joué dans les luttes internationales la construction américaine et la révolution qu'elle a apportée dans l'architecture du bateau coureur de grande dimension. Nous nous en tiendrons donc ici à quelques considérations générales.

Comme pour l'Angleterre, car nous aurons souvent à mettre en parallèle ces deux grands pays, le développement du yachting a pris aux États-Unis des proportions considérables en très-peu d'années. C'est seulement en 1847 que fut organisé un club nautique important : le *New-York yacht club*; encore ne comportait-il qu'une douzaine de petits yachts de 15 à 20 tonneaux. Au fur et à mesure que ce cercle prenait de l'extension, d'autres se fondaient, comme par exemple le *Brooklyn* et le *Boston yacht club*. Depuis, ces différents clubs ne firent qu'augmenter; le tonnage s'éleva en proportion, et aujourd'hui, les sociétés nautiques comptent des adhérents nombreux et des yachts de premier ordre, particulièrement des goëlettes qui peuvent lutter avec les bateaux de plaisance de tous les pays du monde sous le rapport de la construction, du gréement, de la vitesse et de la bonne tenue à la mer. Les succès de l'*America* en 1861, de l'*Henrietta*, de *Vesta* et de *Fleetwing* en 1867 dans leur grande course à travers l'Océan; de *Sappho*, pendant son séjour en Europe, de *Magic*, de *Colombia*, de *Madeleine*, dans la course internationale contre les goëlettes anglaises *Cambria Livonia*, enfin de la goëlette canadienne *Comtess of Dufferin*, ont illustré le pavillon du yachting de la grande république.

Toutefois chez une nation qui a pour cri national le fameux « *go a head* » ! *en avant* ! ces succés répétés ne sont qu'une première étape. Les Américains

étudient toujours, travaillent constamment, cherchent sans cesse de nouveaux modèles et n'entendent pas en rester là. Déjà toute la côte de l'Atlantique et du Pacifique est tout entière dévouée à la cause du yachting et les révolutions que les États-Unis ont déjà amenées dans la construction des bateaux à voiles de grande vitesse sont loin d'avoir pris fin. Il faut nous attendre toujours à du nouveau.

Déjà l'on compte plus de cent yacht-clubs comprenant plus de 7.000 membres et près de trois fois autant de personnes identifiées avec les intérêts de ce sport. Malgré la crise qui vient de frapper le pays, jamais la construction des yachts n'a été aussi active, nous parlons surtout de la construction maritime. Pendant longtemps, en effet, les yachtsmen s'étaient bornés à pratiquer leur sport favori sur les grandes rivières et dans les baies. C'est même là le motif pour lequel les bateaux américains étaient généralement de construction légère. Le bateau plat, à dérive, bien compris pour naviguer en eau calme, très-large, c'est-à-dire pouvant supporter une puissante voilure fut, durant une longue période, le type du bateau de plaisance américain. Mais depuis, la fortune publique s'est accrue singulièrement et avec elle les loisirs et l'extension des goûts de luxe qui ont amené les yachtsmen à augmenter le tonnage de leurs navires et à quitter les lacs, les baies ou les rivières pour la grande mer. Ils ne se bornent plus à présent à quelques heures de promenade, mais passent plusieurs jours, plusieurs semaines et même quelques mois à la mer, montrant le pavillon national sur tous les points du globe. Avec ce progrès, on reconnut bien vite l'insuffisance du bateau plat à dérive, mal fait pour tenir la lame, et dangereux dans un gros temps. Le type du yacht s'est donc sensiblement modifié pour se rapprocher de celui du cutter anglais, dont le gréement, ainsi que celui du yawl, s'est généralisé. On signale aujourd'hui une véritable flotte de cutters dans les eaux américaines. En sorte que les amateurs de yachting se divisent en deux camps : ceux qui s'occupent exclusivement de courses, exécutées généralement par beau temps, et qui sont restés fidèles à l'ancien modèle qui fournit une grande vitesse mais dont les qualités nautiques sont médiocres, et ceux qui, faisant de grands voyages, ont besoin de bateaux capables de bien tenir la mer. Ces derniers, qui tendent à devenir les plus nombreux, ont adopté le cutter.

Il ressort de tout ceci, que pour tout ce qui regarde la construction maritime, l'Amérique ne nous présente rien d'absolument nouveau ; entendons-nous : nous ne voulons pas dire qu'il n'y aurait pas là des recherches intéressantes à faire au point de vue des progrès accomplis, au point de vue des modifications que les américains ont apportées dans le gréement des cutters ou des yawls ; mais, obligés de nous en tenir aux grandes lignes, nous ne pouvons, ici, entrer dans le détail, et nous sommes réduits à prendre dans chaque pays le type de construction qui lui est particulièrement propre. La marche que nous suivons nous permet de produire des modèles variés et d'éviter les répétitions. Nous laisserons donc de côté les goëlettes, les yawls et les cutters de l'Amérique du Nord, pour nous occuper exclusivement du bateau à dérive, porté par les yachtsmen des États-Unis à son dernier point de développement, puisqu'ils nous fournissent des constructions de ce genre qui atteignent jusqu'à 300 tonneaux Tout au contraire la construction des goëlettes, des yawls et des cutters ne nous fournirait que des observations dont l'intérêt a déjà été mis en lumière quand nous avons parlé des courses de grands yachts en Angleterre.

Nous choisissons donc un type de bateau à dérive qui nous semble réunir les qualités essentielles et nous en donnons le plan qui pourra être étudié avec fruit par les amateurs (voir pl. XVII, fig. 19 et 20).

Ce sloop nous paraît susceptible d'une grande marche, bien qu'il ne soit pas absolument destiné à la course, ainsi que d'une bonne tenue à la mer.

Il est destiné à naviguer avec une grande différence de tirant d'eau, disposition favorable à la marche au plus près du vent. Son maître bau est assez plein pour pouvoir réunir la stabilité de forme et la stabilité de poids, et sa position bien en arrière du milieu permet à l'avant d'être très-fin, et par conséquent de passer dans les lames sans difficulté.

Peut-être trouvera-t-on la ligne d'eau inférieure un peu trop creuse à l'avant et à l'arrière : mais il ne faut pas oublier que l'embarcation est en grande différence et que cette ligne d'eau est située, à l'avant du moins, très-près de la quille. Enfin, il est probable qu'en la traçant ainsi, le constructeur a eu l'intention de diminuer les couples vers le pied, de les amincir afin d'adoucir le tangage ordinairement assez dur dans les bateaux à dérive. Il est, en effet, facile de comprendre ce qui se passe dans une embarcation large et peu profonde. L'angle qui fait le couple avec la quille à l'avant est souvent très-obtus, et pour peu que l'on maintienne le pont large, à cette partie du bateau, le couple a une forme qui surplombe souvent beaucoup. Il en résulte un excès de déplacement qui pousse l'avant à s'enlever trop facilement à la lame. La moindre ondulation le soulève et lorsqu'il retombe dans le creux au lieu de plonger doucement, il s'arrête brusquement avec un choc violent en lançant l'eau de tous côtés.

Le sloop américain dont nous nous occupons ne doit pas avoir cet inconvénient; la ligne d'eau qu'il forme à l'avant surtout, à l'inclinaison de 16 degrés, est très-suivie, très-belle et propre à diviser l'eau sans difficulté.

Nous pensons que cette embarcation voilée et convenablement lestée serait très-capable de bien tenir la mer. La voilure que lui a donnée le constructeur nous semble toutefois un peu forte. Elle est surtout trop élevée pour nos climats et pour la Manche où les grains sont si fréquents. En la diminuant un peu et en ajoutant à cette embarcation l'appoint d'une fausse quille en plomb ou en fonte du poids de 6 à 800 kilos, on la rendrait très-propre à tenir la mer, même par mauvais temps, à condition toutefois que le roof fut solide et le bateau complétement fermé.

Un semblable petit yacht, outre qu'il serait par temps moyen bien supérieur comme vitesse à une embarcation à quille de la même taille, aurait de plus l'immense avantage de pouvoir, en raison de son faible tirant d'eau (90 cent. à 1 mètre) entrer dans presque tous les ports et à presque toute heure de marée.

Les dimensions principales sont les suivantes :

Longueur totale.	30	pieds		5 pouces.
— ligne d'eau	27	—		43 —
Largeur extrême	10	—		43 à la ligne d'eau.
Tirant d'eau derrière.	3	—		
Longueur de la dérive.	8	—		6 pouces.
Déplacement.	205	—	cubes.	
Aire du foc	222	—	carrés.	
Grand'voile	523	—	—	
Flèche	115	—	—	

Nous croyons devoir signaler ici une construction tout spéciale qui frappe par son étrangeté, mais dont il ne nous a pas été donné d'apprécier *de visu* la valeur. Elle est due à M. Forster, de East Gloucester près Boston. Le yacht de M. Forster ne contient pas une seule ligne droite et présente un aspect qui ne répond à aucune des règles ordinaires de l'architecture navale. Il faut avouer même qu'il manque de ces proportions convenues qui constituent la grâce et l'élégance d'un bateau de plaisance. Il est impossible, d'ailleurs, d'en donner

une idée autrement que par une figure ; qu'on se reporte donc aux figures ci-dessous : La fig. 9 représente l'élévation latérale; la fig. 10, la coupe transversale au maître-bau. Le bateau jauge 23 tonneaux. Il a 57 pieds de bout en bout, dont 13 de voûte, 11 pieds de largeur au maître-bau, 9 pieds de creux. Il est gréé en goëlette. Comme nous l'avons dit, toutes les lignes et toutes les membrures sont courbes. La coupe présente la forme d'un vase étranglé brusquement à sa partie supérieure. Il n'a pas de quille. Les bordages se prolongent jusqu'à la partie inférieure du bâtiment où ils vont se rejoindre. Le lest occupe une hauteur de 3 pieds; il est indiqué par une partie ombrée dans la fig. 10. Il se trouve donc placé entre les bordages inférieurs et boulonné avec eux. Par suite de cette disposition, si l'on en croit M. Forster, ce bateau ne pourrait pas

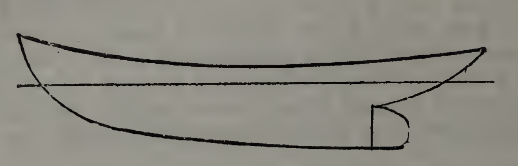


Fig. 9. — Élévation latérale.

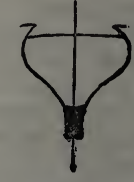


Fig. 10. — Coupe transversale.

chavirer. De plus, M. Forster s'était fait fort de doubler avec sa nouvelle construction la voilure qu'il pourrait porter avec un autre bateau de même tonnage, grâce à ses flancs renflés qui lui permettent de naviguer avec une forte bande sans qu'il y ait crainte d'embarquer. D'après les nouvelles les plus récentes, l'essai qui a été fait à la mer de ce nouveau bâtiment a eu un plein succès. Il s'est admirablement comporté par très-gros temps; il est très-stable et a indiqué au loch une vitesse de 10 nœuds $^3/_4$ dans le près du vent. M. Forster serait tellement satisfait du résultat obtenu qu'il songerait déjà à se défaire de ce bateau pour en construire un autre du même genre et de plus fort tonnage. Celui-ci jaugerait 80 tonneaux.

Il est à remarquer que dans ce pays amoureux du gigantesque quand il s'agit de constructions navales, parmi ces novateurs qui ne laissent rien à inventer en fait de navires puissants dans lesquels sont accumulées toutes les ressources de la science moderne, on revient assez volontiers pour les petits modèles aux engins naïfs dont on retrouve les types chez les Indiens.

Une embarquation très en usage est, le croirait-on, la pirogue primitive des Indiens du Canada. Les chasseurs s'en servent fréquemment sur les lacs et sur les rivières. En effet, taillée dans un bloc de bois elle présente une solidité particulière et peut recevoir impunément des chocs dangereux pour un canot à clins. Elle porte le nom de *Chesapeake*, du nom de la baie dans laquelle elle est d'un usage commun. Le *Chesapeake* est quelquefois muni d'une dérive et d'un matereau, et peut porter une petite toile. Il a généralement une trentaine de pieds.

Quelques amateurs, dans le but de rendre ce bateau encore plus léger, découpent dans un tronc d'arbre ce que nous pourrions appeler le squelette de l'embarcation. La quille et les membrures sont dessinées et taillées dans un seul bloc, le tout est recouvert d'une toile imperméable. On obtient aussi une légèreté précieuse, quand on veut parcourir des fleuves dans lesquels se trouvent fréquemment des rapides et quand on veut avoir la faculté de transporter son embarcation d'un point à un autre.

Un autre bateau recherché aussi pour sa légèreté est le *Fermer's portable boat*. L'exposition anglaise de 1878 pouvait nous en donner une idée. C'est un

bateau en toile dont les bordages peuvent être pliés, de façon que le tout peut être enfermé dans une malle. Les Américains s'en servent également dans les fleuves à rapides et l'emploient quelquefois à un usage inattendu. Tirée à terre, en effet, renversée et posée sur deux piquets, l'embarcation se métamorphose en une tente sous laquelle le voyageur est heureux de trouver un abri contre le soleil ou contre la pluie.

M. Hegeman a eu l'idée de construire le même bateau avec des membrures en acier recouvertes d'une toile sans couture. Il obtient aussi une embarcation de 16 pieds de long, qui peut porter 6 à 8 hommes et qui ne pèse que 50 livres. M. Bound a inventé un autre bateau portatif. Il est construit en deux morceaux de 8 pieds chacun qui peuvent être facilement séparés et qui s'enboîtent l'un dans l'autre. Le fond plat est en bois, les flancs sont en tôle et munis de boîtes à air. C'est un bateau très en usage dans les rivières peu profondes et dans les marais, surtout pour la chasse et la pêche.

Mais l'embarcation qui l'emporte encore sur toutes les autres par sa légèreté et par la finesse de ses formes, est le canot en papier construit à New-York. Pour 14 pieds de long, il n'a que 4 millimètres d'épaisseur et ne pèse que 50 à 60 livres. Il est recouvert d'une toile lacée sur les côtés. Il va très-bien à voiles et peut supporter une mer même assez forte. Ces bateaux sont rendus imperméables par l'application d'un vernis que l'on obtient en faisant dissoudre de la gomme laque dans de l'alcool.

On ne compte pas moins de 88 sociétés organisées ayant leur autonomie propre, tant au Canada qu'aux États-Unis. Sur ce chiffre, 6 appartiennent au Canada.

La société la plus importante est le *New-York yacht club*. Il compte 353 adhérents, 36 membres honoraires. Il a été fondé en 1844. Il donne deux régates annuelles. Tous les ans aussi les membres du club réunissent leurs yachts en escadre et font, en commun, un voyage de trois semaines environ. Les 83 yachts inscrits sur les listes de la société jaugent ensemble 9,000 tonnes environ.

Vient ensuite le *Eastern yacht club*, de Boston, fondé en 1869 avec 235 membres, 10 honoraires. Comme le *New-York* il organise tous les ans deux régates et une croisière d'agrément. Il possède 44 yachts jaugeant ensemble 4,300 tonneaux environ.

Le *Boston yacht club*, qui remonte à 1866, a également une certaine importance. Il compte 250 membres et 81 bateaux de plaisance, mais généralement d'un tonnage inférieure à celui des yachts que possèdent les deux sociétés precédentes.

Le *Portland yacht club* (état de Maine) organisé en 1869 possède 35 yachts. Les 150 membres qui en font partie sont tous des yachtsmen très-actifs.

Citons encore le *Nahasset yacht club*, dans le Massachussets; le *Brooklyn*, un des plus anciens et des plus influents; le *Beaufort yacht club*, le *Central Hudson yacht club*, le *Newmarket yacht club*, l'*Océanic yacht club*, etc., etc.

Le premier club nautique du Canada est le *Nova-Scotia yacht Squadron*. Il a son siége à Halifax (Nouvelle Écosse). Composé de membres presque tous possesseurs de yachts et commandé par des officiers habiles, le *Squadron* a fait des progrès remarquables depuis deux ans. Son Excellence le comte de Dufferin, gouverneur général du Canada, en est le commodore. Le comte de Dufferin a fait ses preuves comme yachtsman; dans sa charmante goëlette *Foam*, il a exploré les mers boréales et le Spitzberg, donnant son livre de bord au public anglais sous forme de lettres délicieuses : « *Letters from high lati*

tudes. » Tous les ans, les yachts du *Squadron* arment pour prendre part à de véritables manœuvres d'escadre. Ces manœuvres s'exécutent à jour fixe sous le commandement de l'un des *Flag-officers* et sont fort appréciées par les yachtsmen et par le public.

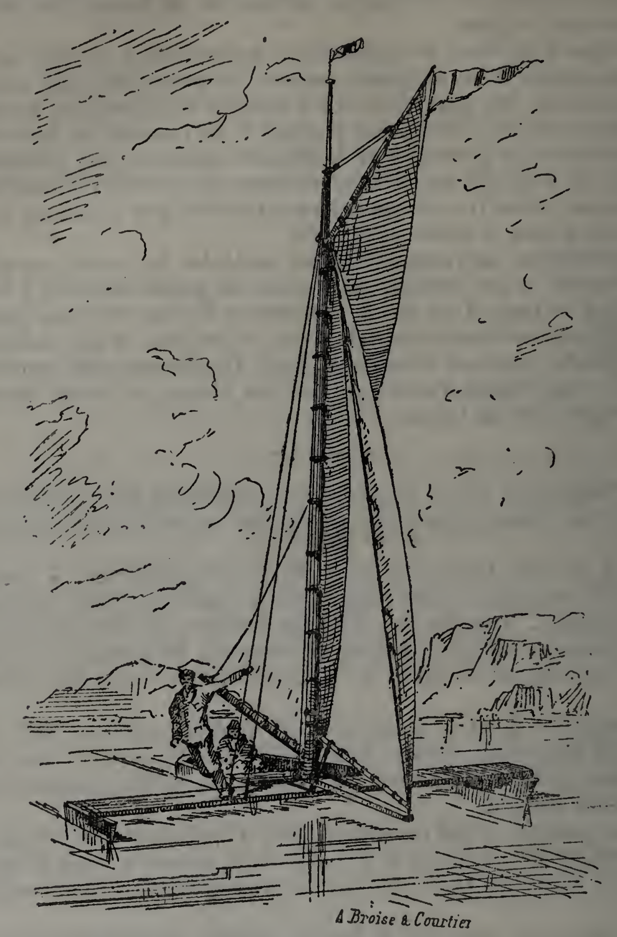


Fig. 11. — *Boats* ou traîneau à voiles.

Les ordres des officiers se font par signaux, d'après un code rédigé par le secrétaire, et les équipages des différents yachts rivalisent d'habileté. C'est là une excellente institution bien faite pour former d'excellents manœuvriers en obligeant les équipages à agir avec rapidité et précision.

Nous ne pouvons quitter l'Amérique sans parler d'un sport particulier qui passionne singulièrement ceux qui le pratiquent. Il s'agit de la navigation à voiles sur la glace. Les deux clubs principaux qui s'y adonnent sont le *Poughkeepsie* qui date de 1861, et le *New-Hamburg* (1869). Organisés comme des yachts ou sailing-clubs, ils ont à leur tête un commodore, des vice-comodores, des hon. Secretary, etc. Le nombre des « bateaux » inscrits dans chacune de ces sociétés s'est accru rapidement dans ces derniers temps; plusieurs pro-

priétaires ont jusqu'à cinq et même six *iceboats*. M. Roosevelt, commodore du New-Hamburg, a fait dans son yacht un mille en 48 secondes, ce qui représente la vitesse extraordinaire de 120 kilomètres à l'heure. Cette embarcation, gréée en sloop, mesure du bout de la bôme à celui du beaupré, 20 mètres environ, l'écart entre les patins est de 8 mètres; la surface de voilure atteint 120 mètres. L'*Avalanche* de M. Sandfords est à une seule voile carrée; sa construction est toute spéciale; elle consiste en une sorte de boîte basse et légère, montée su deux traîneaux, dont chacun porte deux patins de $2^{m},10$ de long, écartés l'un de l'autre de 1,80. Ils peuvent prendre des inclinaisons indépendantes de façon que le bateau puisse virer presque sur lui même.

Le *Whiff*, du commodore Grinnell, a été exposé au *Centennial Exhibition* où il attira beaucoup l'attention par sa renommée de grande vitesse.

Il y a aussi en Russie des traîneaux ou boats de ce genre; les patins sont plus longs et plus volumineux qu'en Amérique, et affectent à peu près la forme de longues périssoires qui seraient très-fines de fond, et sur lesquelles tout l'appareil reposerait.

La figure 11 suffit à donner une idée de ce navire d'un nouveau genre, dont l'application serait d'ailleurs difficile dans nos climats.

VIII. — FRANCE.

§ 1. — *Construction parisienne.*

Les premiers amateurs qui firent de la navigation de plaisance à Paris purent croire d'abord que pour la construction de leurs embarcations, ils resteraient tributaires des ports maritimes; en effet, à cette époque peu éloignée de nous, il n'existait sur les berges de la Seine que quelques chantiers où se fabriquaient de lourds et vulgaires *bachots*, propres au passage de la rivière ou à la pêche, et si quelques-uns de ces bateaux, un peu plus légers, décorés du nom de *barquettes*, étaient destinés aux promeneurs, ni leurs formes massives, ni leurs poids à la marche avec leurs avirons courts et munis d'une ferrure fixe, s'enfonçant dans une douille adaptée aux plats-bords, rien enfin ne pouvait faire prévoir que les mêmes ateliers où s'enfantaient ces pesantes constructions donneraient bientôt le jour aux yoles rapides, aux gigs, aux périssoires, aux clippers enfin, dont les visiteurs ont pu admirer le fini, la perfection, l'élégance à l'Exposition de 1867, et surtout à celle de 1878.

Le canotage parisien a rapidement donné naissance à une industrie spéciale aujourd'hui en pleine prospérité, donnant lieu à un chiffre d'affaires élevé, et dont les produits sont exportés en province, en Belgique, en Italie, et vont jusqu'en Angleterre, rivaliser avec ceux de cette terre classique de la navigation sous toutes ses formes.

Nous parlons, dans une autre partie de cette *Étude*, des grands ateliers suburbains, à Saint-Denis et à Argenteuil où se font les coques en fer des steam-yachts, et où l'on construit tour à tour des torpilleurs pour le compte de l'État, et des navires de 600 tonneaux, comme l'*Emilie*, sortie il y a deux ans des chantiers de M. Claparède à Saint-Denis, et qui maintenant parcourt l'Atlantique entre Bordeaux et Buenos-Ayres. Ici, nous nous bornerons à passer rapidement en revue quelques-uns des constructeurs parisiens de petits bateaux qui ont le plus attiré l'attention dans la classe 67, où d'ailleurs leurs produits étaient nombreux, et formaient un ensemble très-pittoresque.

Les principaux établissements actuels sont pour l'aviron, ceux de Dossunet, de Tellier, de Wauthelet, de Seyler, de Seurin; pour la voile, ceux de Texier, et

d'Arthême Dupont. Ce sont ceux du moins qui ont reçu des récompenses à l'Exposition universelle et dont, à ce titre, nous croyons devoir particulièrement nous occuper.

Ces établissements sont situés ou sur les bords de la Marne, ou sur ceux de la Seine, et naturellement se sont fondés dans les localités que fréquentent le plus les amateurs de promenade ou de régates. Sur la Marne nous rencontrons les chantiers Dossunet et Arthême Dupont.

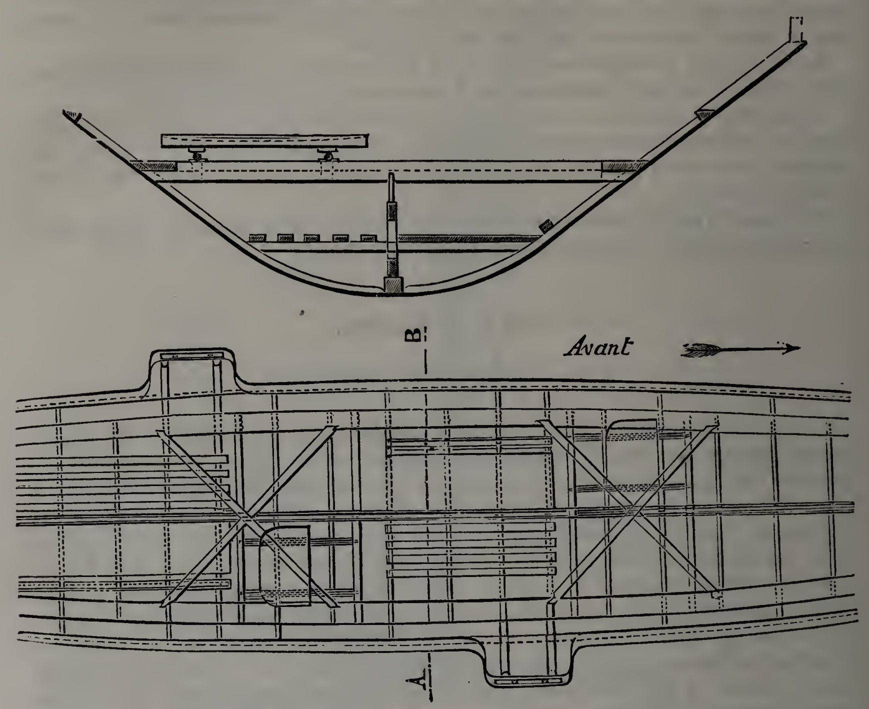


Fig. 12 et 13. — Plan d'une yole de M. Dossunet.

M. Dossunet, qui d'abord était établi à l'écluse de Gravelles, est actuellement à Joinville-le-Pont, sur la Marne. Son installation est des plus remarquables : elle se compose d'un sous-sol, d'un rez-de-chaussée et d'un premier étage; au sous-sol sont les magasins de garage, où l'on accède par un plan incliné. Au rez-de-chaussée, sont les ateliers de construction; au premier étage, se fait le vernissage, car nos lecteurs n'ignorent point, ceux surtout qui ont visité la classe 67, que les bois recherchés de l'ébénisterie sont employés dans la construction des canots de courses, et que le détail en est parfois aussi soigné, aussi achevé que s'il s'agissait de meubles de salon. En voyant à l'Exposition ces embarcations si bien vernies, si irréprochables, avec des ferrures nickelées, on aurait pu croire que tout ce luxe était exceptionnel, que c'étaient là des spécimens soignés tout exprès et fabriqués pour la montre : on n'a qu'à assister à une régate ou simplement à visiter un garage des environs de Paris, pour se convaincre que telle est la tenue habituelle de la plupart des bateaux, construits le plus souvent en cèdre, en acajou ou en teck; et ce bon entretien n'est pas seulement une affaire d'élégance, un témoignage de goût de la part du pro-

priétaire, c'est encore une condition de vitesse pour l'embarcation : en ce point comme en bien d'autres, se trouvent réunis l'utile et l'agréable.

Les ateliers de M. Dossunet, qui s'étendent sur une superficie de 30 mètres sur 15, sont assez vastes pour contenir un grand nombre d'ouvriers ; la moyenne de ceux qui y sont occupés est de 25, ce chiffre, en certains moments, s'élève à 30 ou même à 35. Là, se construisent surtout des yoles-gigs, des skiffs et des outriggers, bateaux de courses, aux perfectionnements desquels M. Dossunet apporte tous ses soins. C'est dans ses ateliers et sous sa direction qu'ont été faites pour la première fois des yoles-gigs, bordées d'une seule feuille sur la hauteur, et c'est ainsi que les derniers progrès de l'art, peuvent se rapprocher des essais informes des peuples encore sauvages ; certaines pirogues sont ainsi faites d'un seul morceau d'écorce ; les extrêmes se touchent.

Un autre perfectionnement dû à cet atelier, est un système de croix d'ajustage en bois reliant la préceinte des canots aux châssis des bancs à coulisses ; de cette façon, les embarcations, dont la légèreté est un des plus grands mérites, conservent une suffisante rigidité. M. Dossunet a obtenu, à l'Exposition, une médaille d'or, bien qu'ayant pour rivaux d'autres constructeurs dont nous allons parler, et dont les mérites pouvaient faire hésiter le jury dans son choix.

Un peu plus bas sur la Marne, nous rencontrons, à Charenton, M. A. Dupont, qui construit plus spécialement des clippers à voiles à dérive. Son exposition consistait principalement en un clipper de 5 mètres tout gréé, avec son immense houari, et son foc, porté par un beaupré dont les dimensions paraissaient d'autant plus excessives que le bateau était vu à terre, dans le pavillon même, et non à flot. Ces beauprés qui paraîtraient horriblement exagérés à un marin de profession, sont nécessaires en rivière où il faut faire de fréquentes bordées, serrer le vent de très-près, et profiter des moindres risées. M. Arthême Dupont a fait souvent d'heureuses constructions ; nous pouvons en citer une, l'*Isard,* de 6 mètres, tout en acajou, construit en 1876, qui eût été tout à fait digne de figurer dans la classe 67.

M. Dupont a eu une médaille d'argent. Descendons maintenant la Seine, et arrêtons-nous à Bercy, où naviguèrent les premiers canotiers parisiens, et où s'établirent en même temps, les premiers chantiers et canots.

M. Tellier, le constructeur bien connu du quai de la Rapée, a exposé au Champ-de-Mars des modèles très-intéressants. On a fort remarqué surtout un gig, dont l'exécution a été un véritable tour de force. Il est à six avirons et mesure $13^{m},50$ sur $0^{m},94$. Il se démonte en trois tranches et a été construit *en six jours*, pour aller courir aux régates internationales d'Anvers, où il remporta le premier prix. A voir le fini de sa construction, on ne s'imaginerait certes point que cette embarcation a été exécutée si rapidement. C'est que M. Tellier a su organiser ses chantiers avec une entente telle de son art qu'il n'y a jamais chez lui, ni temps, ni force perdue. Ses ouvriers bien choisis et bien dirigés, sont engagés à l'année ; chacun d'eux a une spécialité. Sûr du lendemain et assuré d'un concours habile et intelligent, le constructeur peut dès lors chercher le perfectionnement de la construction et y apporter tous ses soins ; il peut avoir constamment une grande quantité de bois en magasin et ne l'employer que lorsqu'il a déjà deux ans de chantier. Il peut conserver ses modèles et se porter garant, grâce à l'ordre qui règne dans sa maison bien tenue, de reproduire exactement ceux qui ont obtenu de bons résultats et dont on demande une copie. En un mot, M. Tellier apporte à la pratique de son art une habileté et un esprit de suite qui lui ont valu le succès.

Il a introduit dans la construction des yoles de courses, de nombreux perfectionnements. Nous citerons le plus récent. Il consiste à rendre mobile le banc réservé au barreur. Ce banc peut se déplacer à volonté, et cette mobilité per-

met de donner au barreur, dans l'embarcation, la place qui, en raison de son poids, sera la plus favorable pour l'équilibre du bateau. Il peut même, en glissant librement, comme les bancs de nage, permettre au barreur de porter le corps tour à tour en avant et en arrière, et ainsi, de suivre le mouvement des rameurs, et de donner un certain élan au bateau. Mais cette pratique fatiguante pour le barreur, ne produisait peut-être pas tout le bon effet qu'on en attendait.

Les bancs mobiles ou à coulisses, qui datent de 1857, mais qui n'ont été généralement adoptés que depuis ces dernières années, ont fait révolution dans le rowing. Nous devons donc en dire ici quelques mots.

L'idée première en a été empruntée à une manière spéciale de ramer qu'avaient adoptée des canotiers de Newcastle (Angleterre); leur bateau, construit dans ce but, avait des bancs fort larges, et sur ces bancs soigneusement graissés, les rameurs, dont les pantalons étaient doublés de cuir, glissaient à chaque coup d'aviron, ce qui allongeait considérablement leur nage. Les anglais appelèrent cette méthode *slinding-stroke*, nage glissante.

On conçoit qu'on ait cherché à perfectionner un système aussi primitif et qu'on ait pensé à rendre mobile le banc même sur lequel est assis le nageur, plutôt que d'imposer à celui-ci un exercice aussi fatiguant, et pour sa personne, et pour l'indispensable vêtement sur lequel le frottement s'opérait.

C'est un américain nommé Backock, rameur du Boat-Club de Nassau (États-Unis) qui pour la première fois employa des bancs à glissières; en 1870, un autre américain, du nom de Waltin-Brown, se fit délivrer un brevet pour un banc mobile, dont il fit l'essai sur un gig à six avirons du Boat-Club de New-York, c'est le premier bateau, sur lequel on ait employé ce système dans des régates publiques; la disposition n'en était pas très-différente de celle qui est généralement adoptée aujourd'hui; mais, soit manque de pratique, soit parce que quelque détail n'en avait pas été assez étudié, l'invention ne donna pas encore les résultats qu'on en espérait.

Ce n'est que plus tard qu'en Angleterre M. Scarle, de Londres, et en France plusieurs constructeurs trouvèrent à la fois un système simple et pratique, et la meilleure méthode pour l'utiliser. Parmi ces novateurs, M. Tellier est un de ceux qui se sont le plus distingués:

Nous ne décrirons pas ici en détail les bancs à coulisses, pour lesquels nous renvoyons aux traités spéciaux (1). Il nous suffira de dire que les divers appareils, quelles que soient leurs différences, consistent essentiellement en une petite sellette, sur laquelle s'assied le rameur, laquelle est supportée par des coussinets disposés de telle façon, qu'ils glissent librement dans un tube, ou dans une rainure disposée dans le sens longitudinal de l'embarcation, sur des barrots transversaux remplaçant les bancs ordinaires.

En général, la longueur des coulisses doit être de 40 centimètres, et leur extrémité arrière doit se trouver à 17 centimètres du milieu des rames sur lesquelles portent les avirons. Le rameur s'asseoit le plus près possible du bord, en gardant les jambes bien droites et sur la même ligne que le corps.

Un des points les plus délicats de l'installation des bancs à coulisses, est le choix de la place qu'il faut leur assigner d'avance, car le rameur n'a plus la faculté, comme dans les bateaux ordinaires, de se placer plus ou moins en abord, dans la position la plus favorable pour le lest du bateau. C'est l'affaire du constructeur. En outre, ce système exige des rameurs, de poids, de taille et de force bien équilibrés, du moins pour les places symétriques.

La nage que nécessitent les bancs à coulisses est toute particulière : au lieu de chercher à pousser le bateau par un violent effort, par un effet de levier en vue

(1) Voir notamment le journal *Le Yacht* de 1878, nos 27 et 28.

duquel on fait agir brusquement tout le poids du corps, il faut, au contraire, maintenir la tête et le corps droits, glisser sur l'arrière de l'embarcatiion, plonger l'aviron, le sortir dès qu'il est perpendiculaire au bateau, et reprendre le plus vivement possible la première position. La souplesse est donc pour cette nage, une qualité préférable à la vigueur, et ceux qui débutent jeunes dans cet exercice arrivent, après un court entraînement, à de meilleurs résultats que les rameurs déjà rompus à d'anciennes habitudes qu'ils doivent commencer par perdre.

Malgré le soin et l'entretien qu'exigent les bancs à coulisses, malgré cet ennui d'un apprentissage spécial, la plupart des gigs, yoles et embarcations de courses, en sont munies aujourd'hui, car on a reconnu que, surtout dans un grand parcours, on pouvait conserver plus longtemps une vitesse soutenue, tandis qu'avec les bancs fixes, si au commencement, on obtient un certain avantage, on est exposé à le perdre très-vite, le rameur se fatiguant et s'essoufflant après un petit nombre de coups d'aviron.

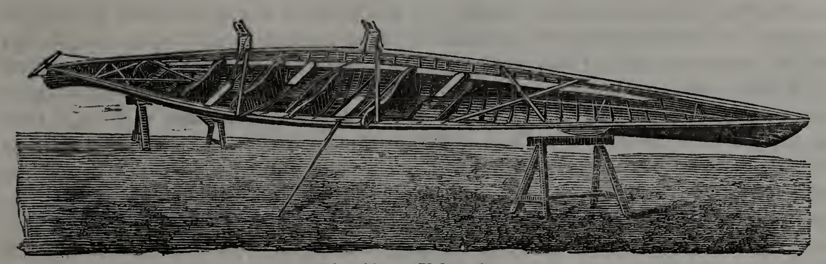


Fig. 14. — Yoles-gigs.

Pour assurer la solidité des yoles-gigs, que l'on fait de plus en plus légères, M. Tellier s'est préoccupé, comme M. Dossunet, de maintenir l'écartement des bordages. Son système diffère de celui de M. Dossunet, en ce qu'au lieu d'avoir des croix d'arc-boutant aux préceintes, il fixe des baguettes de bois, à la hauteur des lisses, de façon à relier entre elles des rames alternativement d'un bord à l'autre, tout en laissant aux bancs à coulisses et aux nageurs la plus grande liberté de mouvements.

M. Tellier, dont le chiffre d'affaires est considérable (76,000 fr. en 1878, dont 20,000 fr. pour l'étranger), a obtenu à la classe 67 une médaille d'argent.

Non loin de l'atelier de M. Tellier, se trouve celui de M. Wauthelet, sur le boulevard Mazas, tout près de la Seine. M. Wauthelet, qui a obtenu une médaille de bronze, a exposé des gigs coupés au maître couple, et pouvant se replier en deux sur des charnières placées sur les lisses. Cette disposition permet de réduire de moitié la longueur du canot et de l'embarquer ainsi plus facilement au chemin de fer. M. Wauthelet s'est fait une sorte de spécialité de l'exportation étrangère. En 1877, il a construit pour la Belgique et pour la Hollande, plusieurs grandes embarcations à dérive à voiles, et les coques de quelques steam-yachts.

Asnières, le pays classique du canotage, siége de plusieurs sociétés nautiques, et où chaque année se donnent de nombreuses régates à la voile ou à l'aviron, Asnières était réprésenté par plusieurs constructeurs à la classe 67; c'est M. Seyler qui l'a emporté, et qui a reçu une médaille d'argent, bien due à sa belle exposition.

Nous ne quitterons pas Asnières sans faire une courte visite au chantier Picot, où a été construite la coque du steam-yacht *Lutèce,* dont l'hélice spéciale, dite *Hélice française* a figuré avec honneur à l'Exposition. La construction de la

Lutèce est remarquable en ce que ce yacht, qui mesure 16 mètres de long, n'est qu'une très-grande yole, amplification des yoles de courses à l'aviron, elle n'a pas de quille, ses fonds sont ronds et néanmoins, la stabilité est très-suffisante pour la rivière.

En outre, elle offre ceci de particulier que, dans la partie immergée l'arrière est identiquement semblable à l'avant, avec un égal tirant d'eau de l'étrave à l'étambot.

Cette embarcation, dont la construction a été l'objet d'études toutes particu lières de la part de MM. Fleuret et Pinet, propriétaires, a donné d'excellents résultats de vitesse : elle fait 17 kilomètres à l'heure en moyenne ; elle a gagné le 1er prix aux régates internationales de yachts à vapeur qui eut lieu à Argenteuil pendant l'Exposition, le 6 octobre 1878.

De tous les bassins que forme la Seine aux environs de Paris, celui d'Argenteuil est le mieux approprié à la navigation à voiles. La direction du nord-est au-sud-ouest l'ouvre aux vents dominants du climat de Paris, qui généralement proviennent de la partie de l'ouest ; sa profondeur exceptionnelle, sa largeur relative et une longueur de 4 kilomètres libre de ponts y ont depuis longtemps attiré tous ceux qui à Paris s'occupent de navigation de plaisance. C'est là que s'est établi naturellement un des plus habiles et des plus heureux constructeurs parisiens, M. Texier, dont le fils aîné a, de son côté, fondé une maison, à côté de celle de son père. Il a obtenu à l'Exposition de 1878 une médaille d'or. Son exhibition consistait principalement en un bateau clipper à dérive de 6 mètres, tout voilé (M. Texier fait non-seulement la construction proprement dite, mais aussi les voilures de ses embarcations, et en forge même les ferrures) ; de plus, dans le port qui avait été ménagé le long du quai pour les bateaux à flot était mouillé un bateau de 5 mètres, construit d'après les mêmes principes : la *Noisette*, appartenant à Lord Louth, qui pendant deux années venait de gagner constamment tous les premiers prix des régates d'Argenteuil.

M. Texier est aussi l'auteur d'un autre bateau, le *Lison*, à qui ses succès soutenus ont valu une célébrité spéciale, et d'après lequel il a créé toute une série, la *Louise*, le *Duck*, l'*Aïda*, etc., qui non-seulement aux régates d'Argenteuil, mais encore à celles de la Basse-Seine, et même à la mer, ont dignement soutenu la réputation du type primitif ; le *Lison* d'ailleurs, se maintient toujours au premier rang dans cette brillante pléïade.

Il eût été intéressant de comparer le *Lison* avec les plus renommés Center-boards anglais lesquels sont construits d'après des idées fort différentes ; on avait pu espérer que les régates d'Argenteuil qui coïncidaient avec l'Exposition, donneraient aux amateurs ce spectacle instructif, et plusieurs Sailing-clubs anglais avaient promis le concours de leurs meilleurs bateaux. La régate a eu lieu à une époque tardive, au mois d'octobre ; est-ce à ce retard que l'on doit attribuer l'abstention regrettable des anglais? ont-ils été arrêtés par le prix du transport de Londres à Paris ? Il faut espérer qu'une autre année leurs hésitations cesseront, ou que le *Lison* ira lui-même les défier dans leurs propres eaux, et les amènera ainsi à venir à leur tour dans les eaux parisiennes.

Le *Lison* et tous les bateaux qui en dérivent sont un produit du réglement qui a longtemps régné dans les régates du Cercle de la Voile de Paris ; c'est le réglement qui a été adopté par le Yacht-club de France, et, par suite, dans la plupart des régates de province ; mais qui cependant a dû être abandonné par le Cercle de la Voile, quoiqu'ayant produit d'excellents bateaux, par la raison même qu'il était trop étroit, et que depuis le succès du *Lison*, les seuls concurrents possibles pour lui étaient ceux qui se modelaient sur ses formes.

Malgré les modifications profondes apportées au mode de mesurage des

bateaux de course (1), MM. Texier ont maintenu le type d'Argenteuil qui leur avait donné de si brillants résultats; jusqu'à présent, ils n'ont eu qu'à se louer de cette fidélité à leur construction ; l'avenir montrera s'ils ont eu raison de s'en tenir à cette forme unique.

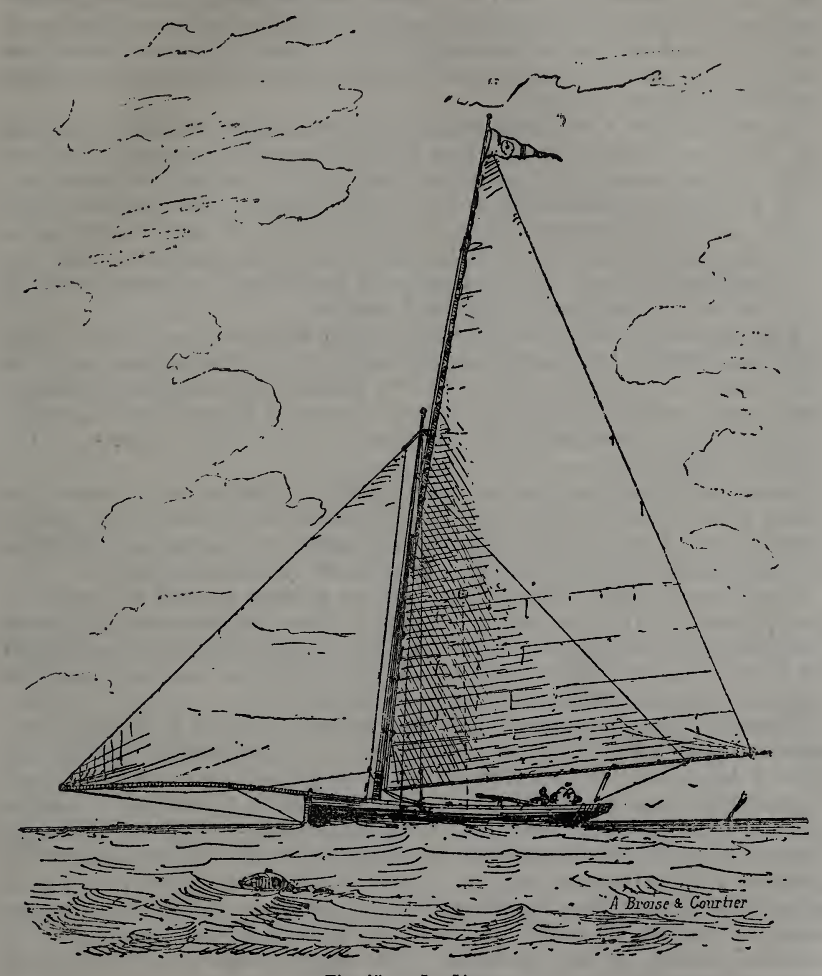


Fig. 15. — Le *Lison*.

Le *Lison* est sans contredit le plus remarquable de tous les bateaux à dérive qui aient navigué sur la Seine. Sa vitesse est très-grande, surtout au plus près du vent; et probablement, eu égard à sa taille (il a 6 mètres de quille), le bateau le plus rapide que l'on ait construit en France.

Il a un avant long, fin et légèrement concave à la flottaison et aux œuvres

(1) La nouvelle jauge du Cercle de la Voile, établit le tonnage au moyen d'une formule dans laquelle entrent les trois mesures de la longueur, de la largeur, et du creux; tandis que dans l'ancienne classification, la longueur de la quille était seule considérée.

vives; large et évasé au pont, où il forme un revers bien marqué. Son maître-couple, avec une faible surface, possède une bonne stabilité : la plus grande largeur est située au pont, et bien en arrière du milieu de l'embarcation. Son arrière est plus court de beaucoup que son avant, mais il est très-fin, surtout dans sa partie immergée. Dans sa première construction, cet arrière se terminait par un tableau incliné, dans le genre américain. Mais les propriétaires du *Lison*, remarquant que vent arrière et vent largue, ce tableau incliné traînait de l'eau, ont fait allonger la voûte de l'embarcation et ont réussi à corriger presqu'entièrement ce défaut.

Le mât du *Lison* a son emplanture à $1^m,15$ de l'étrave; sa dérive dont l'axe est placé tout contre le mât, a près de 2 mètres de long, et par conséquent, quand elle est relevée, vient un peu sur l'arrière de la moitié de la quille.

Ce qui frappe surtout dans la voilure du *Lison*, qui est gréé d'un foc et d'un houari, c'est son immense surface ; la grande voile a 80 mètres carrés, le foc 32 mètres, au total 112 mètres carrés pour 6 mètres de quille seulement.

Le guindant et le pic de la grande voile ont $16^m,50$; le bordant 9^m60; le guindant de foc 12 mètres ; le bordant 8 mètres.

Pour manier de telles voilures, même par de légères brises, il faut un équipage très-exercé et un timonnier très-adroit. Par les fortes brises, avec tous les ris pris, ces embarcations sont souvent gênées, plus encore par le poids de leurs espars, que par la surface de toile qui leur reste. Quoiqu'il en soit, à force d'habilité, et à grand renfort de sacs placés au vent, le *Lison* porte sa voilure et chavire rarement.

Ceci nous amène à parler d'un autre mérite des Texier, qui joignent à un grand talent de constructeurs, une adresse spéciale dans la manœuvre de leurs embarcations; l'habitude qu'ils ont de les conduire et d'en étudier eux-mêmes le fort et le faible, explique fort bien leurs succès de constructeurs.

Parmi les exposants récompensés, nous ne pouvons omettre M. Seurin, le propriétaire de l'établissement de la Grenouillère, établissement de joyeuse renommée et port de garage de maints canotiers à l'aviron : M. Seurin a voulu, lui aussi, se lancer dans la construction, et y a obtenu des succès qu'a consacrés la distinction officielle qui lui a été décernée.

Parmi les constructeurs des bords de la Seine, l'un d'eux, M. Bouron, a su se faire une place à part conquise par son talent et sa persévérance; ses chantiers situés à Argenteuil prennent une extension de jour en jour plus considérable en absorbant progressivement tous les terrains voisins. M. Bouron a constitué une société au capital de 1 million de francs et connue sous le nom de *Société des usines et chantiers de construction de la Seine*; cette société a débuté brillamment par des types de bateaux à vapeur dont la pratique a établi le succès; elle vient d'expédier dans l'Amérique du Sud deux steamers dont l'un, le *Santiago*, se démonte en quatre tranches; elle a construit des vapeurs pour la Russie et nombre de pays étrangers; c'est elle qui a créé le joli modèle de bateaux *hirondelles* qui ont rendu tant de services aux visiteurs de l'Exposition de 1878, enfin c'est encore des chantiers de M. Bouron que sort le *Touriste* qui faisait les parcours de Paris à Saint-Germain pendant le courant de l'été dernier et qui n'est que le prélude d'un nouveau steamer de plus grandes dimensions actuellement en chantier, et qui doit faire l'été prochain le service de Paris à Rouen.

Tout le monde a vu, dans la petite darse réservée aux embarcations de plaisance sur le quai de Seine devant le pavillon de la classe 67, une mignonne embarcation à vapeur baptisée du nom singulier d'*Hydrocarbure*; cette embarcation, que l'on a pu retrouver plus tard au Palais de l'Industrie dans l'Exposition de la Loterie Nationale qui en avait fait l'acquisition, a gagné le prix de

sa série à la course internationale des bateaux à vapeur, et c'est une œuvre sortie des ateliers de la Seine en même temps que la manifestation d'une des plus constantes études de M. Bouron qui se propose avec beaucoup de persévérance d'arriver à une solution pratique du chauffage des machines à vapeur par les huiles lourdes ou hydrocarbures.

Ce problème est à l'étude depuis quelque douze ans, et nous ne saurions dire au juste à qui revient le mérite de la priorité des recherches; nous ne croyons pas pouvoir positivement dire que la question soit résolue, mais nous avons vu fonctionner les appareils de M. Bouron et nous pouvons constater qu'ils sont fort ingénieusement disposés et d'une grande simplicité, ce qui nous permet d'espérer que la solution pratique définitive ne saurait longtemps se faire attendre.

M. Bouron, établi en 1874 sous la raison sociale Bouron et C[ie], occupait alors 12,000 mètres de terrains sur lesquels 1,500 mètres seulement étaient couverts ; depuis 1876, devant la grande extension de ses affaires, il a dû augmenter son capital et se constituer en société ; aujourd'hui, il est à l'étroit dans les 16,000 mètres carrés sur lesquels il a élevé 7,800 mètres d'ateliers couverts, et il est en pourparlers avec ses voisins pour s'aggrandir encore.

Les chantiers sont installés pour toutes sortes de constructions mécaniques, mais plus spécialement pour les constructions navales ainsi qu'on en peut juger par les spécifications qui suivent :

Depuis son installation jusqu'au 31 décembre 1878, M. Bouron a construit : 16 remorqueurs ou toueurs, 12 porteurs à vapeur pour rivières et canaux, 96 chaudières à vapeur, 4 installations complètes d'usines, 27 chalans divers, 6 ponts en fer, 4 excavateurs ou dragues, 82 machines à vapeur de 5 à 250 chevaux effectifs, 47 bateaux à voyageurs dont 20 hirondelles parisiennes 14 yachts pour l'Égypte, la Russie, le Brésil, l'Italie et l'Équateur.

Il y a actuellement sur les chantiers 4 remorqueurs de 250 chevaux pour la Société des Pêcheries françaises, 3 yachts, 4 porteurs à vapeur, et enfin le nouveau *Touriste* qui a 51 mètres de long, 11 mètres de large (hors œuvres) et 250 chevaux avec lesquels son constructeur espère lui donner une marche de 25 kilomètres à l'heure (environ 13 $^1/_2$ nœuds).

Le chiffre d'affaires de la société est annuellement de 2 millions et demi de francs.

Le jury de l'Exposition a reconnu le mérite de M. Bouron en lui décernant une médaille d'argent, modeste récompense en raison de courageux efforts que le succès a souvent couronnés.

Comme on le voit, le mouvement de la construction parisienne offre le plus grand intérêt. Il ne s'agit pas seulement de yoles et du bachot classique réservé au pêcheur à la ligne. En attendant que la mer vienne à Paris, les industriels parisiens envoient leurs produits à la mer, et ce phénomène d'un commerce de bateaux de dimensions respectables pour l'exportation dans la capitale de la France ou ses environs méritait d'être signalé. Ceux qui ont pu obtenir ce résultat remarquable sont dignes d'une mention spéciale, et parmi eux, il n'est que juste de citer M. Bouron, à qui revient en grande partie l'honneur de ce progrès inattendu.

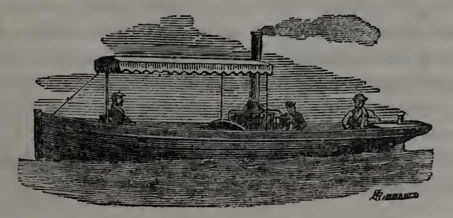


Fig. 16. — L'*Hydrocarbure*, canot à vapeur.

§ 2. — *Constructions maritimes.*

M. Le Marchand, qui jouit au Havre d'une réputation méritée et qui a fait de nombreuses constructions très-appréciées à la mer, se met à la disposition des yachtsmen ; il construit pour eux des embarcations ou de petits yachts qui ont le mérite d'être solidement établis et de réunir de très-bonnes conditions de vitesse et d'aménagement.

Le *Simoun*, bateau de plaisance sorti cette année des chantiers de M. Le Marchand, a signalé ses débuts à la mer par une série de victoires remportées à diverses régates, et cependant ce n'est pas à proprement parler un bateau de mer, mais bien un bateau mixte. C'est à ce titre que nous le choisissons parmi les nombreux modèles que nous pourrions passer en revue et qui sont dus au même constructeur, car la réussite d'un bateau mixte est assez rare. Nous croyons donc intéressant de donner quelques indications sur la manière dont celui-ci a été compris, car, après ses succès de mer, il est rentré en rivière et a montré les qualités de vitesse et d'évolution que l'on recherche dans la navigation en eau douce.

Le *Simoun* a 9 mètres de long, $2^{m},50$ de large, $1^{m},30$ de tirant d'eau arrière ; il est à tableau droit sans voûte.

L'avant est ponté presqu'au tiers environ de la longueur. Sous le pont est une chambre suffisamment spacieuse fermant par une porte double et contenant deux cadres. Un caillebotis, qui peut être hermétiquement condamné, donne par le haut de l'air et de la lumière. Entre cette chambre et l'arrière est une partie découverte entourée par une hiloire de chaque côté de laquelle règnent des passavants. Il n'y a pas de bancs transversaux, mais un banc unique, qui fait tout le tour de l'hiloire ; au mouillage cette partie est recouverte par une tente et dans la belle saison on peut, surtout en rivière, passer sous cet abri une nuit très-confortable ; de sorte que, malgré ses petites dimensions, cinq ou six amateurs peuvent voyager ensemble dans cette embarcation.

Dans la quille est encastrée une masse de fer de 900 kilos qui donne une grande stabilité au bateau ; le reste du lest est réparti sous les planchers.

Mais c'est surtout dans le gréement que les conditions exigées pour la navigation de mer et pour les excursions en rivière ont été bien observées. Pour la mer, le gréement est celui d'un yawl, avec foc, trinquette, brigantine et tapecu ; pour la rivière, le grand mât est remplacé par un mâtereau solide, dont la hauteur a été déterminée par celle qui reste pendant les grandes eaux sous le pont le plus bas de la Seine, c'est-à-dire 5 mètres environ. Sur ce mât s'établit non plus une brigantine, mais une grande voile à livarde, avec balestron très-long qui conserve à cette voile une surface et une hauteur considérable. Veut-on passer sous un pont ? On amène le balestron, l'embarcation continue à marcher sous son foc et son tapeau, et aussitôt le pont passé, on rétablit la grande voile. La manœuvre est ainsi réduite à fort peu de chose et elle est singulièrement moins fastidieuse que celle des mâts à bascule. Ce gréement rappelle d'ailleurs celui des barques de cabotage de la Tamise ou plus exactement, à cause du peu de de hauteur du grand mât, celui des *Mahonnes* des mers orientales.

M. Le Marchand a obtenu à l'Exposition universelle une médaille d'argent qui nous a paru être une récompense bien modeste si l'on tient compte d'efforts sérieux couronnés de nombreux succès.

MM. Normand et C[ie] possèdent au Havre des chantiers qui exécutent fréquemment des commandes de l'État, mais d'où sont sortis aussi des yachts remarquables.

Le *Zemajteij*, magnifique goëlette de 336 tonneaux, a été construit par MM. Normand pour la Russie. Il mesure 45 mètres de tête en tête sur 7 mètres de bau; sa mâture a une hauteur totale de 45 mètres; son beaupré a 15 mètres de long et son guy 21. Malgré ces grandes proportions, c'est un chef-d'œuvre de grâce et de légèreté. Sa marche est très-remarquable; on a constaté 13 nœuds de vitesse et dans certains coups de vent, des qualités nautiques de premier ordre.

L'avant est beaucoup plus élevé que l'arrière, ce qui met le pont à l'abri des



Fig. 17. — Le *Simoun*.

coups de mer, et il diffère en cela de la plupart des yachts anglais, qui généralement sont très-peu tonturés; une autre particularité de sa construction est que sa quille, d'un mètre d'épaisseur au milieu, va en s'amincissant vers les extrémités pour concorder avec les épaisseurs de l'étrave et de l'étambot. Sous cette quille est adaptée une fausse quille en plomb de 32,000 kilos, qui donne un peu de rudesse aux mouvements du navire, mais lui assure une stabilité très-grande et lui permet de porter son immense voilure (1,700 carrés).

Le *Zemajteij* est un des plus beaux spécimens de navire de plaisance que l'on ait encore vu et a supporté, à son honneur, la comparaison avec les premiers yachts anglais

Le modèle de cette goëlette a été exposé par MM. Normand et Cie au Champ-de-Mars en même temps que les modèles de l'*Hirondelle,* ancien yacht impérial; du *Grill,* yacht royal prussien; du célèbre *Château-Renaud.* Une médaille d'or a été la récompense décernée à un mérite reconnu par tous les connaisseurs en architecture navale.

M. Oriolle de Nantes, a envoyé à l'Expositlon universelle un bateau à vapeur qui a été très en vue, car il a servi aux expériences du fameux capitaine Boyton, qui l'employait à transporter ses invités au lieu où il avait décidé que ses expériences seraient faites. C'est un bateau remarquable à plus d'un titre.

M. Oriolle a trouvé en effet des combinaisons très-heureuses grâce auxquelles il a obtenu beaucoup de stabilité et une marche assez rapide, en même temps que la possibilité de donner place à un grand nombre de voyageurs. La stabilité a été démontrée par les 80 ou 100 spectateurs qui étaient embarqués par le capitaine à chacune de ses expériences, et qui se portaient sans précaution sur un seul bord sans donner au bâtiment une bande sensible. Ce yacht file ses neuf à dix nœuds, ce qui est une marche très-suffisante surtout si l'on tient compte de la stabilité et de la largeur du bateau dont nous donnons les dimensions plus loin. Enfin, et c'est là un résultat qui mérite d'être noté, le bateau, excellent pour naviguer en rivière, tient parfaitement la mer, grâce aux dispositions particulières que voici : Le pont est très-bas sur l'eau, mais il est surmonté d'un rouf, garni sur les parois verticales d'un châssis vitré, et qui peut être recouvert de plaques en tôle, glissant dans les rainures, que l'on rend étanches au moyen d'une toile à voile lacée tout autour. Dans cet état, le pont n'ayant pas de parois, mais une simple filière, le bateau devient une véritable bouée, sur laquelle la mer peu passer impunément. Cette combinaison permet un aménagement très-favorable surtout pour un yacht; les chambres, grâce au rouf, sont suffisamment vastes et hautes; les passavants, assez larges, permettent de circuler librement autour du rouf et donnent accès sur l'avant et l'arrière à des espaces assez considérables ménagés pour la manœuvre; au-dessus du rouf les passagers du yacht trouvent une vaste place où ils peuvent s'isoler complétement de l'équipage. Enfin, la chambre de la machine est absolument séparée du reste du navire de manière que la fumée et l'odeur de graisse n'envahissent pas les autres chambres, inconvénient fréquent dans les petits bateaux à vapeur. On comprendra comment M. Oriolle a su profiter du peu d'espace qu'il s'était assigné quand nous aurons indiqué, pour finir, les dimensions de son yacht : *longueur de quille,* 16 mètres; *largeur au maître bau,* 4m,00; *tirant d'eau à l'avant,* 1m,10 ; *à l'arrière* 1m,50 ; *jauge en douane,* 23 tonneaux.

§ 3. — *Les Sociétés nautiques.*

La France, avouons-le, est dans une situation d'infériorité réelle au point de vue de la constitution des sociétés nautiques. Le nombre en est moins grand, le chiffre des adhérents est plus restreint, les cotisations versées sont relativement minimes, enfin, le chiffre et le tonnage des bateaux de plaisance portant pavillon des diverses sociétés sont sensiblement inférieurs à ceux que l'on constate chez les Américains et surtout les Anglais.

Cependant la propension que nous avons en France à exalter outre mesure notre supériorité quand elle est reconnue, a pour corollaire l'habitude que nous avons prise de nous humilier avec excès quand nous consentons, par hasard, à nous incliner devant la supériorité de l'étranger. Quand il s'agit de marine notamment, nous sommes disposés à nous réduire à rien, et il est entendu entre nous que la mer appartient aux Anglais. Nous ne tomberons pas dans un excès

contraire, et l'amour propre national ne nous fera pas perdre toute clairvoyance. Il est certain que la supériorité de l'Angleterre défie tout parallèle. Toutefois, n'allons pas jusqu'à dire qne nous n'obtenons chez nous aucun résultat, ni surtout que nous n'en pouvons pas obtenir.

Si nous ne sommes pas prédisposés par notre configuration géographique, comme l'Angleterre, à regarder la mer comme notre élément naturel, nous avons cependant un développement de côtes qui nous oblige, sous peine de déchéance, à prendre une place honorable parmi les nations maritimes. Nous sommes donc tenus d'entrer en ligne avec les plus favorisés et notre situation géographique nous fait un devoir de ne pas rester trop en arrière. Enfin, pour ne parler que de la navigation de plaisance, nous avons l'avantage énorme de nous appuyer sur deux mers qui donnent aux yachtsmen des attraits divers, bien faits pour encourager tous les genres de construction et pour engager les amateurs à entreprendre des voyages au long cours. Les Anglais l'ont si bien compris qu'ils considèrent (parlons-nous seulement au point de vue de yachting ?) la Méditerranée comme un lac leur appartenant en propre. Donnons-leur une large et cordiale hospitalité, mais quand ils entrent dans nos ports, soyons au moins là pour les recevoir et leur faire les honneurs de notre pays.

Nous le pouvons. Un rapide coup d'œil sur les Sociétés nautiques constituées en France et qui sont en pleine prospérité montrera que, si nous sommes loin des résultats auxquels nous fait aspirer notre goût pour ce genre de sport, nous possédons cependant chez nous les éléments nécessaires pour donner à notre pays la part à laquelle il a droit.

Nous comptons sur notre littoral et sur les embouchures des grandes rivières, plus de 60 sociétés ayant une importance plus ou moins considérable. Nous citerons parmi celles qui tiennent la tête de cette liste déjà imposante :

Le Yacht club de France.
Le Cercle de la voile de Paris.
La Société des régates du Havre.
La Société des régates Rochelaises.
La Société des régates Rouennaises.
Le Club nautique de Dinard.
La Société des régates Nantaises.
La Société des régates de Vannes.
La Société des régates Marseillaises, etc., etc.

Parmi les Sociétés de sport nautique à l'aviron, qui sont innombrables et qui peuplent nos rivières, nous sommes également obligés de faire un choix. Nons citerons :

Le Rowing-club.
Le Cercle nautique de France.
Le Sport nautique de la Gironde.
Le Sport nautique d'Amiens.
Le Rowing club de Lille.
L'Emulation nautique de Boulogne.
La Société des régates Maconnaises, etc.

Enfin, nous donnerons une place spéciale au *Cercle de la voile de Paris*, qui n'est pas une société maritime à cause du siége qu'elle s'est donné, mais qui n'est pas non plus une société de rivière à cause de son but. Nous en parlerons en temps et lieu; mais nous commencerons par le *Yacht club de France* qui, autant par son importance propre que par son caractère de société d'encoura-

gement vis à vis des autres sociétés nautiques, occupe une place incontestée à la tête du yachting français.

Le Yacht club de France fut fondé en 1867, l'amiral Rigault de Genouilly étant Ministre de la marine. Une illustration du yachting français, M. Benoît-Champy, avec le concours d'amateurs passionnés et pleins de zèle, tels que MM. de Chateauvillard, de Crisenoy, Ch. Dassy, etc., prit l'initiative d'une combinaison heureuse pour l'avenir de la navigation de plaisance en France, puisqu'elle devait avoir pour effet d'encourager la création de sociétés nouvelles, et de faciliter, à celles qui existaient déjà, les moyens de prospérer. Le Yacht club de France s'est, en effet, proposé pour but :

D'encourager les courses nautiques par des subventions et des prix, sans pouvoir donner des courses lui-même; de concéder aux yachts français un pavillon spécial qui leur assure certains priviléges; de créer un secrétariat à Paris dans le but de recevoir toutes demandes et de faire toutes démarches intéressant les yachts des sociétaires et des concessionnaires de pavillon; d'intervenir à titre consultatif, auprès des Ministres de la Marine, des Finances, de l'Agriculture et du Commerce, des Travaux publics, dans les questions qui intéressent le yachting français, aux termes des circulaires ministérielles; enfin d'ouvrir, tant à Paris que sur le littoral français, un lieu de réunion permanente pour les yacht-gentlemen et les personnes sympathiques au yachting français.

Plusieurs circulaires ministérielles donnèrent au programme du Yacht club une consécration officielle. Ces circulaires signées par les divers ministres compétents concédaient aux membres de la nouvelle société :

Le droit de porter un pavillon spécial, le pavillon national avec une étoile blanche au centre de la bande bleue, pour les concessionnaires de pavillon; le guidon de forme triangulaire, tricolore et étoile blanche dans la bande bleue pour les membres souscripteurs.

En outre les porteurs du pavillon de la société étaient admis dans l'intérieur des ports de guerre et sur les rades, aux mouillages assignés aux bâtiments de l'État, toutes les fois que les besoins du service ne créeraient pas un obstacle à l'exercice de ce droit.

Sous la même réserve, les yachts de 20 tonneaux et au-desssus devaient être reçus dans les bassins de radoub appartenant à l'État, avec faculté de se faire réparer par les ouvriers des arsenaux, en se conformant aux tarifs en vigueur.

Enfin, certaines dispenses, relatives aux prescriptions légales sur l'inscription maritime, l'enrôlement, etc., étaient accordées aux privilégiés de la nouvelle Société.

Ces concessions faites par le gouvernement avaient et ont conservé une importance capitale, non pas précisément à cause des avantages matériels qu'elles peuvent procurer aux yachtsmen, mais l'effet moral peut en être considérable, et cette assimilation faite dans certains cas entre les yachts et les bâtiments de l'État a eu certainement pour résultat d'atténuer les préjugés dont le yachting a été longtemps victime dans notre pays. Si l'opinion se modifie un peu sur ce point et si elle tend à accorder de plus en plus ses faveurs à un sport qui en est essentiellement digne, il est certain que *le Yacht club de France* a puissamment aidé à lui donner cette nouvelle direction.

Enfin, nous devons constater que cette sollicitude du gouvernement n'a pas été seulement le résultat d'un enthousiasme passager pour une création nouvelle; elle continue à s'exercer en faveur de la société et une récente circulaire qui porte la date du 17 septembre 1877, accorde encore au pavillon étoilé des priviléges spéciaux relatifs à la pêche, etc.

Le Yacht club de France répond aux faveurs dont il est l'objet par une orga-

nisation puissante, mais qui prendra encore une extension plus considérable, si nous en croyons nos vœux et les progrés faits, de nos jours, par la navigation de plaisance.

La société se compose de 250 membres environ, et distribue chaque année des prix et des subventions qui forment, depuis la fondation, un total de plus de 120,000 francs.

117 bateaux de plaisance portent son pavillon spécial représentant ensemble 7,281 tonneaux sur lesquels 2,983 applicables à des yachts français.

Comme on le voit, c'est peu si l'on prend l'Angleterre ponr terme de comparaison, mais c'est assez, non pour déclarer que le yachting a pris, chez nous, un développement conforme à nos désirs, mais pour nous permettre de croire que nous pouvons, dans un temps donné, réaliser des progrès réels.

Le Yacht club de France a reçu à l'Exposition universelle une médaille d'or.

Comme on l'a vu, le *Yacht club de France* occupe, parmi les sociétés, une place à part. Destiné à aider les autres sociétés de régates, il n'en donne pas lui-même et n'existe que comme société d'encouragement.

Parmi les sociétés actives, il faut citer en première ligne la *Société des régates du Havre*, la plus importante de notre littoral. Respectable même par l'âge, elle fut fondée en 1838 et eut pour premier président honoraire, le prince de Joinville et ensuite le prince Jérôme. Son président actuel est M. Félix Faure, négociant, membre de la Chambre de Commerce.

Le nombre des sociétaires est en ce moment de 195, payant une cotisation de 50 francs par an.

Tous les ans, de magnifiques régates auxquelles prennent part des bateaux de toutes nationalités sont données au Havre, par les soins de la Société qui offre aux coureurs des prix imposants pour notre pays. Grâce à ses propres ressources et au concours que lui prêtent le *Yacht-club de France*, le Ministre de la Marine, la Chambre de Commerce du Hâvre et le conseil municipal, la *Société des régates havraises* a pu donner, dans l'année 1878, près de 20,000 fr. de prix et mettre en ligne 128 bateaux anglais, américains ou français.

Aussi les régates havraises ont-elles une célébrité qui, par un privilége rare dans notre pays quand il s'agit de yachting est reconnue en Angleterre et en Amérique. Très-suivies par les amateurs de tous les pays et par la population, elles donnent lieu à une véritable fête qui dure chaque année trois jours, généralement au mois de juillet. Celles de l'année qui vient de s'écouler ont été particulièrement brillantes. Suivant l'usage, un grand bal, donné dans les salons Frascati, réunissait l'élite des colonies étrangères ainsi que les représentants de l'administration et de la marine. Nous ne saurions trop approuver cette coutume adoptée par le comité des régates havraises et qui consiste à faire participer la population et la haute société à cette lutte qui prend toujours, en Angleterre et en Amérique, le caractère d'une fête nationale. Il ne faut pas que les amateurs convaincus se contentent de faire autour d'eux une propagande active, il faut aussi qu'ils sollicitent et qu'ils intéressent à leur cause la faveur du public. Il faut que le goût de notre sport, digne entre tous de cette faveur, entre dans nos mœurs d'une façon définitive : sous ce rapport la société du Havre mérite un éloge complet, non-seulement pour les efforts qu'elle fait dans dans le but d'obtenir ce résultat, mais aussi pour les résultats qu'elle a atteints jusqu'ici.

Le guidon de la *Société des régates havraises* est porté avec honneur par un grand nombre de yachts composant une petite flotte d'une force de 4,950 tonneaux.

Une médaille d'argent a été décernée à la société des régates du Havre, par le jury de la classe 67.

Il faut applaudir franchement à la pensée qui a présidé à la constitution de la *Société des régates rochelaises*. Nous disions tout à l'heure que nous devions tendre autant que possible à faire entrer dans les mœurs le goût du yachting; des fêtes nationales ou municipales sont excellentes à ce point de vue, mais la société des régates rochelaises, qui n'a pas négligé ce moyen d'action, a cherché et trouvé d'autres éléments de succès. Ayant à sa disposition un port et deux grands bassins à flots reliés à deux gares de chemin de fer, distants de quelques minutes d'une rade spacieuse parfaitement abritée et voisine d'autres rades des plus hospitalières, elle était déjà dans une situation qui lui permettait de réunir toutes les conditions les plus favorables pour attirer les amateurs de yachting. Elle a pensé toutefois qu'elle ne devait pas se borner à fournir aux yachtsmen des occasions plus ou moins propices de se livrer à leur sport favori, mais qu'elle devait également intéresser à sa prospérité propre la population maritime. C'est dans ce but, et en obéissant en même temps à une généreuse inspiration, qu'elle a fondé une caisse de secours, alimentée par des prélèvements sur les recettes de la société, en faveur des veuves, orphelins et ascendants de marins du port de la Rochelle. Cette caisse permet en outre d'offrir une récompense aux auteurs d'actes de dévouement et de courage accomplis pendant l'année, par les marins de la localité.

Il y a là un exemple qui mérite d'être imité, sans tenir compte des principes d'humanité, auxquels répond l'initiative de la *Société des régates rochelaises*, le yachting a tout intérêt à ne pas s'isoler et à faire participer la population, la population maritime surtout, au succès de sa propagande. La Société compte 220 membres, payant une cotisation annuelle de 12 francs. Des dons volontaires, des subventions municipales et le concours du *Yacht-club de France* lui permettent d'offrir aux coureurs, chaque année, des prix importants.

Les courses donnent lieu à deux jours de fêtes. La première journée est consacrée aux courses locales, pour toute embarcation de pêche, de pilotage et pour bateaux de plaisance. La seconde est réservée à une grande course internationale entre yachts de 10 tonneaux et au-dessus.

Depuis cinq ans, la société par suite des relations de confraternité qu'elle entretient avec le *Yachting-club d'Arcachon*, reçoit chaque année, sur la rade de la Rochelle, choisie pour but d'arrivée, les grands yachts qui exécutent, souvent avec une remarquable habileté, l'importante course entre Arcachon et la Rochelle dont le parcours est de 115 milles. La société rochelaise, par sa commission administrative réunie en jury, constate l'ordre d'arrivée et, avec l'assistance des délégués du *Yachting-club*, remet elle-même les prix décernés aux vainqueurs. Ces rapports, suivis d'une façon constante par la société avec une société voisine, méritent encore une approbation complète. Il faut l'émulation entre les sociétés, non la rivalité, et nous voyons dans la manière dont la société de la Rochelle comprend ce principe, ainsi que dans les heureuses combinaisons dont nous avons parlé plus haut, la preuve que cette société possède une organisation puissante, une direction intelligente et habile. Une courte statistique montrera, en terminant, que la société est en voie de prospérité. Depuis sa fondation, 363 bateaux pontés, 97 petits bateaux pontés ou non pontés, 110 yachts, en tout 670 bâtiments ou embarcations ont pris part à ses courses; en tout, une flotte de 9,200 tonneaux.

La société des régates de la Rochelle a obtenu à l'Exposition universelle, une médaille de bronze.

Nous sommes obligés de borner nos études sur les différentes sociétés nautiques, ne pouvant les passer toutes en revue et désirant donner seulement sur les principales d'entre elles un aperçu suffisant pour faire comprendre la

pensée qui préside à leur organisation. Celles que nous avons examinées sont situées sur le littoral de l'Océan. Il serait injuste de passer sous silence les sociétés de la Méditerranée qui méritent, à plus d'un titre, de figurer dans ce travail. Mais comme notre cadre ne nous permet pas une nomenclature complète, nous nous contenterons de parler de la *Société des régates marseillaises* qui, à tous les points de vue, mérite une place à part.

Fondée en 1851, elle peut être classée parmi celles dont l'organisation est le mieux comprise. Alors que beaucoup de sociétés, en France, ne sont constituées que d'une façon intermittente et concentrent toute leur action sur une seule régate à l'occasion de laquelle un bureau est provisoirement formé, la *Société des régates marseillaises* jouit d'une organisation permanente et d'une installation complète. Comme le *Yachting-club d'Arcachon*, comme le *Cercle de la voile de Paris*, enfin, comme les *yacht-clubs anglais*, elle donne à ses adhérents des facilités particulières et leur assure les avantages de l'association.

Sous ce rapport la société de Marseille est un excellent exemple à suivre : son garage est installé d'une façon complète et, détail important que nous tenons à faire ressortir, elle a obtenu de l'État, dans le port de Marseille, des concessions que l'administration, toujours bien disposée pour le yachting, accorderait volontiers partout, nous en sommes persuadés ; mais les sociétés ont le tort de négliger trop souvent de les solliciter.

La concession du garage, dans le port, fut faite à la société en 1861, par le préfet, sur le vu d'une demande apostillée par le capitaine de port. Elle consiste en une surface d'eau, sous le fort Saint-Nicolas. Les installations nécessaires ont été laissées naturellement à la charge de la société. Voici les dispositions qui ont été adoptées par elle : le long du mur du chemin de ronde du fort a été disposée une passerelle surplombant l'eau et soutenue par des consoles en fer fixées dans le mur ; en équerre avec cette passerelle, qui a 51 mètres de longueur, sont placées d'autres passerelles, celles-ci flottantes, composées de grandes pièces de bois parallèles, sur lesquelles sont clouées des planches transversales. Ces pontons ou *pannes* sont au nombre de trois et ont 51 mètres de longueur sauf celui du sud, qui a 62 mètres et sur lequel a été établie une quatrième panne perpendiculaire aux trois autres et servant à la fermeture du garage.

Dans cet espace de 2,600 mètres, formant un véritable petit port, sont mouillées la plupart des embarcations de la société, au nombre d'une soixantaine. Les conditions de garage sont celles-ci : il faut que le propriétaire de l'embarcation soit membre de la société (24 francs par an) et paie une redevance de 4 francs par mètre de longueur du bateau ; ce droit sert à payer les frais d'entretien du garage ; un gardien à demeure est autorisé à faire pour les sociétaires, à leurs frais, tout travail qui ne gène pas son service.

Ajoutons que la *Société des régates marseillaises* a dépensé pour les régates, depuis sa fondation, 126,935 francs, sans compter 39 médailles d'or, 21 d'argent, 43 de vermeil, plus divers objets d'art, statues bronze, coupes d'argent, jumelles et pavillons d'honneur, etc., etc.

Son influence rayonne sur tout le littoral méditerranéen, car toutes les régates qui s'y donnent, sauf celles de Cannes, sont faites d'après son règlement, et la plupart avec son concours et sous son patronage.

Nous revenons au Cercle de la voile de Paris qui, ayant son siége dans la capitale, a nécessairement par cela même une certaine importance, accrue par la facilité que présente maintenant la Seine pour la navigation jusqu'à l'embouchure et qui fait presque de ce *Yacht-club* une société maritime.

Il est formé de deux éléments nautiques, dont l'un a surtout en vue la navigation en rivière, et dont l'autre, parmi lesquels un certain nombre de proprié-

taires de yachts, désarmés en hiver dans les ports du Hâvre et de Trouville, trouvent en attendant la saison du yachting, dans le beau bassin d'Argenteuil, une rade en réduction, où il est encore possible de naviguer à la voile dans des bateaux de dix à douze tonneaux.

D'autre part, les amateurs de régates fluviales, qui ont, par de constants progrès dans la construction, amené leurs bateaux à dérive à un degré de perfection et de vitesse remarquable, ne manquent pas, en été, de descendre la Seine pour aller, dans les ports du littoral et dans ceux de l'embouchure, lutter, le plus souvent avec un grand succès, contre les embarcations de mer, de telle sorte que les deux éléments dont nous parlons, et auxquels on pouvait attribuer des tendances opposées, s'unissent pour donner plus de force et de vitalité à l'institution.

Le Cercle de la voile de Paris date de 1857; il a été fondé sous le nom de *Cercle des voiliers de la Basse-Seine.* Depuis longtemps déjà, Argenteuil était le rendez-vous de ceux qui, dédaignant l'aviron, se livraient au plaisir de la navigation à voiles, favorisée en cet endroit par la largeur du fleuve et la situation heureuse d'un bassin presque complétement à découvert. A ces avantages se joint celui d'une profondeur exceptionnelle, entre Saint-Denis et le barrage de la Morue, et jusqu'à l'écluse de Bougival, la rivière a dans beaucoup de points 4 et même 5 mètres de tirant d'eau, et conserve 2 mètres jusqu'auprès des berges, de telle sorte que de petits bâtiments de $1^{m},50$ à 2 mètres de calaison peuvent y naviguer en toute sécurité; quand le vent vient du sud-est, on a, entre les ponts d'Argenteuil et de Bezons, un parcours non interrompu de près de 4 kilomètres; quand il vient de l'ouest ou du sud-ouest, ce qui est le plus fréquent dans notre climat, la descente se fait en louvoyant, mais par compensation, la remonte est vent arrière ou grand largue. Les amateurs, d'ailleurs, ne se plaignent qu'à moitié du peu de largeur entre les berges, qui oblige à multiplier les virements de bords, et les rend promptement des manœuvriers de premier ordre; si bien que l'entrée ou la sortie du port du Hâvre, par vent de bout, si encombré que soit le chenal, n'est plus qu'un jeu pour eux.

C'est pour caractériser ces efforts, cette tendance, ou si l'on veut, cette prétention à la grande navigation, que peu de temps après le Cercle des voiliers prit le titre de *Cercle des yachts de Paris,* titre peut être un peu ambitieux à ce moment, mais que justifia jusqu'à un certain point la présence aux régates de 1867 de 12 bateaux de la série des 11 mètres : la *Marie-Gabrielle*, l'*Ariel*, le *Temps*, la *Néva*, étaient les principaux coureurs de cette brillante série dont malheureusement la guerre dispersa les éléments. Le titre de *Cercle des yachts* ne fut pas maintenu longtemps à la Société qui adopta définitivement celui de *Cercle de la voile de Paris,* qu'elle porte encore aujourd'hui. Ce mot *Cercle de la voile* qui caractérise la navigation de plaisance à voiles en rivière correspond au mot anglais *Sailing-club* (exactement *Cercle de la navigation à voiles*), de même que *Cercle des yachts* était la traduction de *Yacht-club.*

La guerre de 1870 porta un coup sensible à la Société du Cercle de la voile. Son pavillon à Argenteuil, qui renfermait son mobilier et ses archives, fut détruit; ses membres dispersés ne se retrouvèrent qu'en petit nombre après les événements de l'Année Terrible; un noyau dévoué se reforma cependant, et grâce aux efforts communs, soutenus par un bureau énergique, la société reprit un rapide accroissement. Aujourd'hui, elle compte 150 membres et 60 embarcations, dont 6 yachts de rivière à vapeur, et 12 yachts à voiles d'au moins dix tonneaux.

Beaucoup de Sociétés nautiques françaises n'ont de véritable organisation que pendant la belle saison, au moment de la régate annuelle, et ne se réunissent qu'une fois en hiver, pour nommer un Comité de direction. Le cercle de

la voile au contraire, a une installation permanente; ses Commissions de voile et de vapeur, donnent de fréquentes régates, dès le mois de mars et jusqu'au mois de novembre, et, étudiant sans relâche la construction des bateaux de courses et toutes les questions se rattachant aux régates, ont rédigé des règlements pour les courses à voiles et à vapeur, que nous ne devons pas nous étonner d'avoir vu adopter déjà par plusieurs sociétés. Pour les courses d'embarcation à vapeur notamment, tout était à créer, et le règlement en vigueur, dû en grande partie à M. E. Bourdon, ingénieur mécanicien illustre et yachtsman émérite, n'a jusqu'ici donné que d'excellents résultats.

Pour les bateaux à voiles, la mesure de la longueur de quille, pendant longtemps, a été la base de la classification et cette méthode empruntée au Cercle de la voile par le Yacht-club, est encore en vigueur dans toutes les courses patronées par cette dernière société.

Mais les inconvénients nombreux de cette classification, que nous n'avons pas à énumérer ici, et dont nous ne mentionnerons qu'un seul, fort grave assurément, l'obligation pour tous les bateaux de se conformer à un modèle unique (fonds plats et voûtes exagérées); ces inconvénients ont amené, il y a deux ans, le Cercle de la voile à substituer un principe tout différent à celui qui avait été primitivement adopté, et qui, bien que très-commode dans sa simplicité, était tout artificiel. A la mesure de la longueur seule, on a ajouté comme élément du calcul, celle de la largeur et du creux; mais, considérant qu'il importait de laisser toute latitude aux amateurs sous le rapport du creux, moins important pour la stabilité en rivière qu'en mer, et d'ailleurs forcément limité par le peu de profondeur des rivières, le creux, pour le calcul, est donné par un chiffre conventionnel, en fonction des deux mesures de longueur et de largeur, les seules que l'on ait à prendre pour résoudre la formule.

Bien qu'il n'entre pas dans notre cadre de traiter ce sujet avec grands détails, nous croyons devoir donner ici cette formule, et la classification adoptée pour les bateaux de courses.

Les bateaux sont classés en quatre séries, savoir :

1re *série :* Bateaux au-dessous de 4 tonneaux.
2e *série :* Bateaux compris entre 4 et 6 tonneaux.
3e *série :* Bateaux au-dessus de 6 tonneaux.
4e *série :* Bateaux à quille fixe destinés à une navigation de mer.

L'*allégeance* entre les bateaux est d'une seconde par dixième de tonneau, et par 1,000 mètres de parcours pour la petite et la moyenne série; et d'une seconde par dixième de tonneau et par 2,000 mètres de parcours pour les 3e et 4e séries.

La *jeauge* (T) s'obtient en faisant le produit des deux dimensions, longueur (L) et largeur (l), en multipliant ce produit par sa racine carrée et en divisant par 20.

$$T = \frac{L \times l \times \sqrt{(L \times l)}}{20}.$$

On prend pour *longueur :* la longueur totale du bateau, quand il est à tableau droit, quelle que soit la place de son gouvernail et de son étambot.

Quand le bateau est terminé par une voûte, on déduit tout ou partie de cette voûte, jusqu'à concurrence de un dixième de la longueur totale.

Quand le bateau est terminé par un tableau incliné, on ne déduit de la longueur que l'inclinaison du tableau, sans que cette déduction puisse jamais excéder un dixième de la longueur totale.

La *largeur* est la largeur extrême hors bordé, toutes saillies, même d'ornement, comprises.

Nous avons cru devoir nous étendre un peu sur cette question pour bien montrer l'esprit d'initiative et d'application qui règne au Cercle de la voile de Paris, dont les membres voient, dans la navigation de plaisance, tout autant un sujet d'études qu'un sport de pur agrément.

Les courses du Cercle de la voile sont de plus en plus suivies, et c'est un symptôme significatif qui doit être signalé. Pendant l'Exposition de 1878, de grandes régates à la voile et à la vapeur, données dans la même journée, ont attiré à Argenteuil un concours de public extraordinaire; parmi les assistants et les invités du cercle, deux amiraux, plusieurs conseillers municipaux de Paris, des ingénieurs des ponts et chaussées, etc., ont attesté par leur présence l'intérêt qui commence à s'attacher en France et à Paris à la navigation de plaisance. On a pu voir en cette occasion, tous les progrès déjà obtenus, avec des moyens restreints, par cette vaillante société du Cercle de la voile, et ce qui a été accompli, fait prévoir tout ce qu'elle pourra accomplir encore lorsque les travaux qui doivent donner à la Seine un tirant d'eau de trois mètres, permettront aux yachtsmen qui habitent Paris de faire hiverner, dans le bassin d'Argenteuil, la plupart des yachts qui, maintenant, sont désarmés dans les bassins de nos ports.

Une juste récompense des efforts soutenus dont nous venons de parler, a été accordée au Cercle de la voile, par le jury de la classe 67 à l'Exposition univer-verselle. La société a reçu une médaille de bronze.

Nous ne pouvons nous étendre en détail sur toutes les sociétés du littoral. Nous tenons cependant à mentionner celle de Lorient, car elle nous touche à un point de vue particulier. Tandis, en effet, que dans la marine royale anglaise, le yachting est en grand honneur, il faut reconnaître que les officiers de la marine française ont paru, pendant longtemps, rester dans une certaine réserve vis-à-vis de la navigation de plaisance.

Nous constatons cependant avec satisfaction que ce sentiment de défiance, difficile à expliquer, n'existe nullement dans le port de Lorient. Là, dans la rade, un grand nombre d'officiers se livrent au plaisir de la navigation en petits bateaux à voiles; la *Société nautique de Lorient* compte parmi eux un grand nombre d'adhérents et de membres actifs : le bureau même de la société se compose en majorité d'officiers supérieurs de la marine ou du génie maritime, qui, on le voit, ne dédaignent pas de joindre leurs efforts à ceux des amateurs pour organiser les régates, et contribuer à la propagation du sport nautique.

IX. — **ITALIE. — SUISSE.**

Après avoir parlé des trois pays, Angleterre, Amérique et, à une distance déjà sensible, la France, il nous reste peu de chose à dire du yachting dans les autres nations du globe. C'est que partout, en effet, la navigation de plaisance a été jusqu'ici fort négligée. Mais disons aussi que partout, l'exemple donné par l'Angleterre, par l'Amérique et par la France encourage quelques amateurs passionnés et entreprenants à poser, chez eux, les bases d'une organisation capable de propager le goût du yachting.

L'Italie travaille à sa reconstitution nationale et, tout occupée de cette grande œuvre, n'a pu encore s'intéresser à un sport dont la propagation n'est pas de première nécessité. Il y a cependant dans ce pays des éléments excellents dont les amateurs ne tarderont pas à tirer parti. Un long développement de côtes, une mer très-belle, des ports assez nombreux, des sites admirables, constituent des conditions excellentes pour les yachtsmen. Déjà la marine de guerre est très en honneur. L'Exposition universelle nous a montré, en effet, de nombreux

et beaux modèles de navires appartenant à la flotte italienne, dont nous ne pouvons malheureusement parler ici, mais qui ont été fort remarqués et qui prouvent les progrès immenses accomplis, sur ce point, par ce pays dans une période de temps relativement très-courte. D'autre part, des constructeurs, qui nous ont paru de premier ordre, parmi lesquels nous pouvons citer MM. Calcagno, Barbarigo, Razetto, Bonifacio ont exposé des plans et des modèles de bâtiments de commerce tout-à-fait remarquables et dignes, en tous points, de maintenir la haute et antique réputation des constructions italiennes. A voir leur habileté, la science avec laquelle ils ont su se conformer aux meilleurs principes de l'architecture navale, on peut être assuré que les amateurs trouveraient chez eux des qualités qui leur permettraient de livrer un yacht dans d'excellentes conditions de navigabilité et de vitesse.

Il est certain que, dans un temps donné, l'Italie fournira son contingent au yachting. Dès aujourd'hui l'on peut constater que des Sociétés se forment pour en répandre le goût. Comme presque partout c'est par l'aviron qu'on commence. Le canotage à l'aviron moins dispendieux, en effet, exigeant moins de connaissances spéciales, offre aux débutants des avantages précieux que ne leur donnerait pas la navigation à voiles.

A Gênes on compte le club des « *Canottieri genovesi* » comprenant 200 membres environ ; « *le Cristofo-Colombo* » qui en comprend une centaine.

A Turin, plusieurs clubs se sont également fondés, parmi lesquels « *l'Eridano* » et « *l'Armida.* »

Sur le lac de Côme le « *Regate-Club* » possède une organisation complète et importante à laquelle le roi Humbert, alors qu'il était prince de Piémont, accorda l'appui de son haut patronage en acceptant le titre de Président honoraire. Comme on le voit, là aussi le Gouvernement est tout disposé à favoriser autant que possible l'initiative des amateurs. *Le Regate Club* n'a pas moins en ce moment de 280 adhérents. Il donne des courses à l'aviron et aussi des courses à la voile qui sont très-suivies et très-brillantes.

A Rome les « *Canottieri del Tevere* » forment une Société qui est en pleine prospérité et dont les membres audacieux ne se bornent pas à quelques promenades sur le fleuve, mais gagnent fréquemment la mer et longent la côte jusqu'à Naples ou jusqu'à Gênes. Les « *Canottieri del Tevere* » se sont acquis des titres à la sympathie publique, non-seulement par la hardiesse de leur navigation, mais par le dévouement dont ils ont donné récemment des preuves lors des inondations du Tibre.

Livourne, Pise, Ancône, Venise, Naples et un grand nombre d'autres villes sont dotés de Sociétés nautiques qui peuvent former le point de départ d'un grand mouvement en faveur du yachting dans un pays si bien situé, par son climat et les attraits nombreux qu'il offre au voyageur, pour en favoriser l'essor.

Quelques grands seigneurs italiens donnent déjà l'exemple en parcourant les ports de la péninsule sur des yachts, dont quelques-uns sont célèbres. Nous citerons en première ligne la goëlette « *Sappho* » au prince Sciarra, de Rome; le cutter « *Fanny* » au prince Rospigliosi, de la même ville; la goëlette « *Atalanta* » à M. Peirano, de Gênes; le cutter « *Violante* » à M. d'Albertis; le cutter « *Faufulla* » à M. Oneto, etc.

La plupart de ces propriétaires de yachts, frappés de l'extension que prend dans leur pays le goût de la navigation de plaisance, se préoccupent de réunir dans une action commune les éléments épars et organisent sur des bases sérieuses une Société centrale analogue à notre *Yacht-club de France* et qui prendra, d'ailleurs, le nom de *Yacht-club italien*. Les statuts sont prêts et l'année 1879 verra la première réunion de tous les yachts italiens et leur première course à la voile qui sera donnée à la Spezia. Les promoteurs du *Yacht-club*

italien ont obéi à un sentiment de courtoisie bien entendue en décidant que le Ministre de la marine, les amiraux, vice-amiraux et contre-amiraux sont, de droit, membres honoraires de la Société.

La Suisse fournit naturellement par ses lacs, de grandes ressources aux yachtsmen. Le beau lac de Genève forme une plaine d'eau précieuse et enviée



Fig. 18. — Petit yawl.

de tous les amateurs éloignés de la mer, sur laquelle la navigation quelquefois dangereuse a par conséquent tous les attraits que présente la mer. Le vent, tombant des montagnes, donne lieu à des surprises que connaissent les caboteurs ou les yachtsmen timides qui longent les côtes à falaises. Mais à part quelques accidents peu faits pour décourager les amateurs, nous dirons qu'au contraire, la navigation est, dans ces parages, un plaisir continuel. Chaque point du rivage constitue un site pittoresque et agréable. La pêche y est abondante et facile, le temps généralement très-beau dans la belle saison. Aussi est-ce là le rendez-vous des touristes cosmopolites qui se répandent sur tous les bords du lac dans des cottages pleins d'une végétation splendide. Chacun a

naturellement son bachot plat, son canot, sa yole, son yoyou, sa canardière, sa peniche, sa chaloupe, son bateau à vapeur ou son yacht à voiles, selon ses goûts ou son caprice.

C'est là que madame la baronne de Rothschild naviguait sur son charmant yacht à vapeur la *Gitana*, dont tous les journaux ont parlé et dont les qualités de vitesse, étant données les dimensions du bateau, ont étonné les connaisseurs.

Nous avons donné le dessin qui représente ce charmant navire, mais sans nous étendre sur l'étude des dispositions de la machine qui lui ont valu ces étonnantes qualités de vitesse, tout ce qui pourrait être dit d'intéressant sur ce sujet se trouvant dans une autre partie de cet ouvrage où nous traitons du système Thornycroft.

Les bateaux de plaisance qui naviguent sur le lac de Genève sont, de leur nature, cosmopolites; nous citerons toutefois un constructeur indigène, M. E. Garnier, de Genève, qui ne manque pas de mérite et qui se donne plus spécialement à la construction des yachts. Plusieurs modèles de bateaux de plaisance, de dimension moyenne et tels qu'il les faut pour les excursions sur le lac, sortent de ses chantiers. Nous citerons spécialement le côtre *Atalante* qui jouit d'une certaine réputation.

M. Garnier a construit aussi un petit yawl de 6 mètres de quille, à dérive, calant seulement 75 centimètres à l'arrière et qui pourrait servir à cette démonstration que des embarcations même de fort petit tonnage, mais bien conçues pour la navigation sur le lac sont excellentes, relativement, comme tenue à la mer. Ce petit yawl, en effet, le *Sphinx*, transporté sur la Seine en chemin de fer a fait de fréquents voyages à la mer et même de petites traversées. Son audacieux propriétaire, après avoir expérimenté les qualités nautiques de ce yacht en miniature, n'a pas craint de s'en servir pour se rendre du Havre jusque dans la Tamise, à Sheerness, c'est-à-dire à quelques milles de Londres. Le *Sphinx* a supporté bravement quelques coups de vent assez durs et a donné, par la manière dont il s'est comporté, un brevet relativement précieux à M. Garnier pour la construction des petites embarcations destinées à naviguer en eau douce, mais capables aussi de lutter contre la lame.

Publications spéciales.

L'Amérique, la patrie de Bennet, ne pouvait manquer d'avoir pour tous les genres de sport un organe spécial et important. Cet organe c'est le *Forest and stream* dont la partie nautique est placée sous l'habile et intelligente direction de M. Kunhardt, ancien officier de marine, très-compétent et très-exercé dans tout ce qui touche la construction navale, en même temps yachtsman émérite, très-passionné pour les choses du yachting, et apportant dans la rédaction la passion d'un homme épris des sujets qu'il traite et le génie de la publicité que possèdent tous les Américains. Aussi le *Forest and stream* fait-il autorité de l'autre côté de l'Atlantique pour tout ce qui regarde la navigation de plaisance. Il ne s'occupe pas spécialement de ce port, il est vrai, et traite aussi de la chasse, de la pêche, des courses de chevaux, etc., mais la place qu'il réserve au yachting serait assez considérable pour former un journal à part.

Des rédacteurs spéciaux et très-versés dans la partie qu'ils traitent fournissent, toutes les semaines, des articles variés dans lesquels les amateurs trouvent toujours un renseignement utile, un conseil, l'exposé d'une méthode ou d'une invention nouvelle. C'est, en un mot, une excellente publication très-appréciée, non-seulement aux États-Unis, mais encore en Europe par tous ceux qui, à un titre quelconque, s'intéressent au yachting.

En dehors de ce journal spécial, on peut dire sans trop d'exagération que tous les grands journaux s'intéressent aux choses du yachting et de la navigation, et chaque fois que l'occasion s'en présente, traitent les sujets qui s'y rattachent avec une grande compétence, il n'y a pas lieu de s'en étonner, car en Amérique, dont la marine rivalise avec celle de l'Angleterre, dont les rivières si vastes, dont les lacs du nord, véritables mers intérieures, sont incessamment sillonnées par des quantités de navires, tous les habitants sont amateurs de journaux et connaisseurs en ces matières, et les publicites, dès lors, sont obligés de se conformer au goût général, en faisant, dans leurs colonnes, une part fort large à la marine.

En Angleterre, nous trouvons, comme il est naturel, un grand nombre de feuilles périodiques (1) :

Une revue mensuelle, *Hunt's magazine*, contient des comptes-rendus de courses, des correspondances, des articles spéciaux, rédigés avec beaucoup de soin. C'est M. Hunt qui édite, chaque année, la nomenclature de tous les yachts et de tous les clubs maritimes anglais, et même étrangers, connue sous le nom de *Hunt's universel yacht's list.* Ce recueil, très-utile à consulter pour les yachtsmen naviguant, contient en planches lithographiées les guidons distinctifs de la plupart des yachts.

Nous ne sachions pas qu'il y ait en Angleterre, en dehors de la revue dont nous venons de parler, d'autre périodique exclusivement consacré au yachting, mais tous les journaux de sport lui réservent une large place ; nous citerons, parmi ceux qui font autorité sous ce rapport, le *Field*, le *Land and water* et le *Bell's life.* Le Field et le Land and water, surtout, donnent une place importante à la navigation, et traitent séparément du *yachting* proprement dit, du *Boat Sailing*, du *Rowing*, c'est-à-dire des courses à l'aviron et de l'entraînement, et du *Canœing*, sorte de sport spécial, de sous-genre si nous pouvons ainsi parler, dans lequel nos voisins classent les pirogues, périssoires, bateaux de chasse, etc., usités sur les rivières et les lacs, et dont la mode paraît avoir pris naissance par imitation des canots indiens du nord de l'Amérique.

A l'Exposition de 1878, dans les sections anglaises et américaines on pouvait voir plusieurs de ces *canoë* très-légers, souvent d'une seule ou de deux feuilles de bois, non-seulement dans la classe 67, mais dans d'autres parties où il pouvait paraître assez inattendu de les rencontrer : dans la carrosserie, par exemple, ou parmi les meubles...

(1) Nous avons demandé cette étude à la rédaction du journal le *Yacht*. MM. Lucien More et Méo qui ont répondu a notre appel, n'ont pas voulu, tout le monde le comprendra, parler de la publication dont ils sont les collaborateurs, parmi celles qui viennent ou qui vont être citées. Le même scrupule ne peut nous venir et nous tenons à donner *au yacht* la place qu'il mérite parmi les œuvres de propagande créées pour encourager la navigation de plaisance.

Fondée depuis deux ans, cette intéressante publication ne se borne pas à tenir les lecteurs au courant des régates et des nouvelles qui touchent au yachting, mais elle contient aussi une partie technique sur la construction des yachts, la manœuvre de promenade ou de course, etc., ce qui en fait la *vade Mécum* des yachtsmen.

Des dessins, des plans de bâteaux, des coupes de voilures aident à l'intelligence du texte en même temps que des variétés scientifiques en rendent la lecture attrayante. Ces titres qui sont aujourd'hui sanctionnés par la faveur du public ont été reconnus par le Ministre de la Marine qui a bien voulu souscrire un certain nombre d'abonnement au journal le *Yacht* pour la bibliothèque de son département.

Citons aussi le travail de M. Eveillard, ancien officier de marine : *Etude sur la navigation de plaisance*, grand in-8°, 20 pages et 12 figures dans le texte. (*Etudes sur l'Exposition de 1867*). (*Note de l'éditeur*).

Parmi ces trois journaux, le *Bell's life* et le *Land and water* ne sont pas illustrés, mais le *Field*, sans donner des dessins d'une façon suivie et régulière, en intercale souvent dans le texte, chaque fois que le sujet traité le requiert: c'est ainsi que des plans de bateaux, des *portraits* de yachts, des figures techniques se rapportant soit au gréément, soit à la coque, y sont fréquemment publiées. M. Dixon Kemp, dont le nom fait autorité, et qui est l'auteur du bel ouvrage intitulé *Yacht designing*, est l'écrivain à qui l'on doit la plupart des articles qui accompagnent ces dessins et ces figures.

Outre les journaux, il s'édite en Angleterre, pour le public amateur de navigation de plaisance — c'est-à-dire presque tout le monde — de nombreux petits ouvrages spéciaux, traités complets du yachting, manuels de courses, guides pour la construction des bateaux, leur gréément, leur manœuvre, ou pour la voilure, etc., etc. Des librairies exclusivement consacrés à cette branche, — non pas seulement à la science nautique en général, mais bien au yachting en particulier, — se sont fondées à Londres et ce fait montre bien à quel point le goût de la navigation de plaisance est répandu chez nos voisins, que nous envions sous ce rapport.

Lucien More et Méo,

TABLE DES MATIÈRES.

TABLE DES FIGURES.

PLANCHE.

Une planche autographiée par M. Broise, représente les diverses gabarits des principales embarcations favorites.

Les dessins dans le texte, ont été dessinés et autographiés par MM. Broise et Courtier.

L'ASTRONOMIE

INSTRUMENTS ET MÉTHODES D'OBSERVATIONS

PAR M. A. BOILLOT.

I. — LES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES.

Les efforts que font les savants français pour rivaliser avec les savants étrangers dans les recherches astronomiques ont produit de très-bons résultats, surtout depuis quelques années. Cependant, l'astronomie n'est pas cultivée chez nous comme elle devrait l'être. Les autres pays sont bien supérieurs sous ce rapport. Il y a une dizaine d'années, la question du transfert de l'Observatoire de Paris était sérieusement examinée. On avait reconnu que les instruments étaient beaucoup moins nombreux et moins puissants que ceux des autres nations; que cet observatoire, à peu près unique en France, était mal situé et construit dans des conditions tout à fait défavorables pour de bonnes observations; on décida qu'il ne pouvait répondre aux besoins de la science. Une commission académique fut nommée pour examiner ce sujet; elle déclara que ce n'était pas la première fois que les conditions fâcheuses dans lesquelles se trouve l'Observatoire de Paris étaient signalées au Gouvernement.

M. Le Verrier lui-même, n'avait pas hésité à dire qu'il fallait se résigner à ne voir à tout jamais dans cet observatoire qu'un établissement de *deuxième ordre.* Les astronomes avouaient tous qu'il était impossible d'y installer convenablement des instruments d'une grande dimension et d'une grande puissance; que les circonstances locales occasionnaient des erreurs dans les observations de précision à cause de l'impureté de l'air, de l'éclairage, des trépidations du sol, etc., etc. Les mouvements irréguliers de l'air, l'épaisseur considérable des murs causent à l'intérieur une température différente de celle de l'atmosphère; l'exhaussement du jardin, etc., empêchent d'ailleurs d'utiliser fructueusement des instruments précis. Après le travail de la commission, l'Académie des sciences vota ce qui suit :

Il faut que l'Observatoire de Paris soit conservé sans aucun amoindrissement, et en y ajoutant des logements pour les observateurs; mais il est nécessaire qu'un autre observatoire de premier ordre, répondant à tous les besoins de la science, avec logements pour tout le personnel, soit fondé dans un lieu convenablement choisi, en dehors et à proximité de la ville de Paris. Les salles ou locaux d'observations du nouvel établissement seront placés vers le centre d'un terrain clos, appartenant à l'État et assez vaste pour assurer leur isolement, à distance suffisante des constructions et voies de communications extérieures. L'ancien et le nouvel Observatoire seront absolument indépendants l'un de l'autre; chacun d'eux poursuivra ses travaux librement, sous l'empire des règlements et la haute surveillance du ministre.

Toutes les objections et les raisons émises en 1869, existent encore aujourd'hui, à peu de chose près. Quelques nouveaux instruments ont été acquis par l'Observatoire de Paris; on en construit encore, mais à quoi servent-ils? L'Ob-

servatoire de Marseille a été amélioré ainsi que celui de Toulouse; dans ceux-ci se font presque toutes les découvertes de petites planètes, de comètes et de nébuleuses.

Dernièrement, le vote académique que nous venons de mentionner a reçu un commencement d'exécution. L'établissement demandé aux environs de Paris est en train de fonctionner; la grande terrasse de Meudon a été choisie pour réaliser le projet d'une organisation de premier ordre; le directeur de cet observatoire est M. Janssen, l'illustre savant qui s'est signalé, par de brillantes découvertes en astronomie physique. C'est lui qui a trouvé le moyen d'examiner les protubérances solaires en tout temps; il est allé partout pour observer des éclipses de soleil; il a suivi le passage de Vénus au Japon, et a inventé pour cela le revolver photographique; il a vu la planète dans l'atmosphère solaire, avant qu'elle eut atteint le disque de cet astre. M. Janssen a prouvé en maintes circonstances, qu'il était un observateur de premier ordre, aussi fécond en inventions, qu'habile à saisir les phénomènes célestes; l'analyse spectrale lui doit énormément. On ne pouvait donc pas faire un meilleur choix pour diriger le nouvel Observatoire. Le lieu est bien trouvé; sur la terrasse de Meudon, l'éloignement de la grande ville est suffisant. Déjà se trouvent installés le local et les appareils photographiques. Des épreuves du soleil sont prises journellement; les épreuves de grandes dimensions s'obtiennent régulièrement et retracent admirablement bien tous les accidents de la surface de l'astre lumineux, tels que taches, facules, etc., grâce encore à une découverte de M. Janssen. Un équatorial, qui a fait le voyage du Japon, est établi en plein vent; la coupole, le pied, tout peut être déplacé et transporté en un autre point si cela est nécessaire. D'autres constructions sont en voie d'achèvement; mais la principale n'est encore qu'à l'état de projet; nous voulons parler de ce qui reste du château de Meudon, situé à côté de l'emplacement assigné au nouvel Observatoire.

Les ruines de ce château ne pourraient pas recevoir une destination plus utile que de servir aux progrès de l'astronomie. Là, l'horizon est, nous l'avons dit ailleurs, net et très-étendu; aucune gêne, aucun inconvénient ne viendront entraver les recherches de l'astronomie. Mais il s'agit d'approprier ces restes et de les transformer en établissement durable. Le devis est fait, les plans sont terminés, et moyennant une somme minime, par rapport à sa destination, la transformation de ce qui fut un château en un véritable observatoire s'effectuerait aisément. S'il était question d'un monument artistique, la décision ne se ferait pas attendre longtemps, mais c'est pour la science! On ne saurait hésiter à fournir à M. Janssen les moyens de poursuivre ses belles recherches; la France ne peut pas toujours rester au deuxième ou troisième rang relativement à l'astronomie. Cette belle et utile science est incomplétement cultivée, et pourtant les astronomes ne manquent pas.

L'astronomie, en effet, se compose de deux branches principales; celle qui s'occupe des mouvements et de la fixation des positions exactes des astres sur la voûte étoilée, c'est la mécanique céleste; l'autre partie concerne la constitution physique des étoiles, des planètes, des comètes, des nébuleuses, etc.; c'est l'astronomie physique. L'observateur cherche à utiliser des grossissements aussi forts que possible, afin de pouvoir pénétrer les secrets de l'organisation des mondes; il met en action des instruments d'optique spéciaux, pour connaître les éléments qui constituent les étoiles, les comètes, les planètes, etc. L'astronome qui se livre à ces recherches a recours à la chimie et à la physique ainsi qu'à la photographie, dont il n'y a guère moyen de se passer maintenant. Il faut des instruments nouveaux, des locaux convenables, un personnel suffisant; tout cela peut être réuni à Meudon; mais il est indispensable de réaliser le projet de l'appropriation des ruines du château, en vue du nouvel établissement.

A l'Observatoire de Paris, on continuera à prendre le passage des astres au méridien; ce sont les données indispensables à l'astronomie mathématique, et malgré les erreurs inhérentes à l'installation parisienne, le grand nombre de ces observations permet de les employer utilement, les erreurs se compensant à peu près ou disparaissant dans les moyennes; mais c'est là tout ce que peut donner la construction massive de ce monument. A l'Observatoire de Meudon se feront les recherches d'astronomie physique, et on peut espérer que les résultats ne se feront pas attendre. Cet établissement nous retracera jour par jour l'histoire de la surface du soleil; les comètes seront étudiées tout particulièrement; les astéroïdes, les nébuleuses auront aussi leurs observateurs; en un mot, rien ne passera inaperçu; pourvu qu'on mette en pratique cet adage : *Qui veut la fin veut les moyens.*

L'invention des lunettes et des télescopes a changé la face de la science, en permettant d'observer les astres comme si on s'en rapprochait considérablement, et en donnant aux observations un degré de précision pour ainsi dire mathématique, qui seul pouvait permettre de vérifier les théories nouvelles en leur imprimant le cachet de la vérité. Aussi d'habiles constructeurs, stimulés par les justes exigences des savants, se sont-ils efforcés de perfectionner les instruments astronomiques.

Si la France est restée, sous ce rapport, assez longtemps en arrière, il n'en est plus de même maintenant; nos artistes, sans être encouragés, comme dans les autres pays, par de nombreuses commandes faites par de riches particuliers, ont néanmoins repris la place d'honneur. A côté de grands astronomes, nous trouvons de grands constructeurs; à notre époque, on ne verrait pas le génie d'un Laplace demander à nos voisins la vérification, par l'observation, des phénomènes célestes déroulés sous la puissance de ses formules. Mais nous sommes bien loin encore d'avoir ce qu'un pays comme le nôtre est en droit d'exiger.

C'est avec l'œil, l'organe le plus précieux de nos sens, que nous pouvons entrer en communication avec les espaces célestes. Pendant bien longtemps, les astronomes n'eurent d'autre appareil de vision que cet intermédiaire naturel entre nous et les cieux; car, il ne faut pas remonter au delà de 1609 pour fixer l'époque de l'invention de la lunette astronomique, ou du moins constater la première application, faite par Galilée, d'une combinaison de lentilles en verre, destinée à augmenter les dimensions apparentes des astres. Avant l'illustre astronome Florentin, le hasard avait bien montré aux enfants d'un opticien hollandais, à se servir de verres pour grossir des objets vus à une certaine distance, comme le coq d'un clocher; mais cela ne constituait pas l'invention de la lunette, et il fallait toute la sagacité d'un esprit supérieur pour doter l'astronomie du plus utile de ses instruments.

La vision. Les lunettes. — L'intérieur du globe de l'œil est une chambre noire sur le fond de laquelle viennent se peindre les images des objets extérieurs. Cette cavité est tapissée d'une membrane appelée la *rétine*, laquelle est fermée par l'épanouissement du *nerf optique* destiné à transmettre au cerveau les sensations lumineuses. Une véritable lentille biconvexe, le *cristallin*, d'une transparence parfaite, se trouve en avant dans le globe de l'œil, derrière l'*iris* ou diaphragme circulaire et opaque. L'iris est percée d'une ouverture qu'on nomme la *pupille* et qui laisse passer les rayons lumineux. Enfin la *cornée* est une autre membrane, transparente à la partie antérieure de l'œil et opaque dans le reste de son étendue; elle constitue alors la *sclérotique* (blanc de l'œil). Des liquides incolores et transparents remplissent les espaces situés entre la cornée transparente et le cristallin, ainsi qu'entre celui-ci et la étine.

Quand la vue est ordinaire, normale, les images vont se former précisément sur la rétine; alors la vue est nette, bonne; les objets placés à 33 centimètres de l'œil se voient sans fatigue et distinctement.

Deux défauts principaux atteignent les yeux : l'un est la *myopie*, l'autre la *presbye*. Les myopes ne voient pas de loin; leur cristallin ayant une convexité exagérée, les images des objets se forment en avant de la rétine. Pour reporter les images sur la rétine, il faut faire usage de verres divergents, c'est-à-dire concaves. Mais à la longue, le cristallin s'aplatit et la vue peut aller en s'améliorant.

Les presbytes, au contraire, voient de loin et non de près, leur cristallin étant trop aplati. Plus les presbytes vieillissent, plus leur vue s'affaiblit; en sorte que l'emploi des verres convergents (biconvexes) devient indispensable pour ramener sur la rétine les images qui se forment derrière elle, plus loin que cet organe. Les personnes qui ont une bonne vue ressentent généralement les effets du presbytisme, à mesure qu'elles avancent en âge.

La presbytie commence ordinairement à se manifester de 35 à 45 ans. Une bonne vue peut même se maintenir sans affaiblissement sensible jusqu'à l'âge de 48 à 50 ans. Les indices du presbytisme sont faciles à constater : une fatigue inusitée se manifeste d'abord; les yeux se troublent au bout d'un certain temps d'application; on les frotte et on finit par interrompre son travail. On éloigne forcément les objets pour mieux les distinguer; et, finalement, on sent la nécessité d'avoir des lunettes.

La myopie caractérise les meilleures vues, quand la distance de la vision distincte ne dépasse pas 20 à 25 centimètres. Cette distance augmente habituellement avec le temps, et la vue peut devenir normale.

L'invention des lunettes date du commencement du XVIIe siècle. En 1606, un opticien de Middelbourg, Jean Lipperthey, obtint un privilége pour voir les objets placés à une grande distance, en faisant usage d'un seul œil. Mettius, savant hollandais, construisit un instrument semblable en 1608, et vers 1609 Galilée inventait la lunette, n'ayant entendu parler que vaguement des appareils construits avant lui. Mais l'invention des lunettes ordinaires, pour bonifier la vue, est attribuée à un cordelier nommé Bacon, qui mourut en l'année 1294.

Dans la lunette de Galilée, encore en usage pour les spectacles, l'oculaire est biconcave et l'objectif est concave; les objets sont vus dans leur situation naturelle. Cette lunette ne peut avoir qu'une longueur assez courte, l'œil ne pouvant embrasser que peu d'objets à la fois dans le champ de l'instrument. Son grand avantage est que, par un choix de verres convenablement fait, on peut obtenir l'achromatisme, c'est-à-dire des images blanches, non altérées par des colorations plus ou moins accentuées, provenant de la décomposition des rayons lumineux.

On doit la lunette terrestre au père Reitha; elle donne aussi des images droites. Deux lentilles sont interposées entre l'objectif et l'oculaire, et l'on peut modifier la longueur de l'instrument de manière à laisser voir l'image au foyer conjugué de l'objet auquel elle se rapporte. Des officiers d'artillerie et d'infanterie utilisent cette lunette ou celle de Rochon, pour connaître l'instant où il faut cesser ou commencer les mouvements ou le feu, en déterminant la distance à laquelle se trouve l'ennemi.

Du jour où la *lunette* fut inventée, la science prit un autre aspect; les doutes s'effacèrent, les conjectures devinrent des réalités; et la découverte des grandes lois de la nature, jointe aux observations faites à l'aide des instruments grossissants, firent disparaître l'isolement de notre terre, comme monde habité, par l'universalité des mondes répandus dans l'infini.

La pièce essentielle d'une lunette est l'*objectif*, ou le verre à surface courbe

placé en face de l'objet pour en donner une image rapprochée de l'observateur. Cette image est grossie au moyen d'une ou plusieurs loupes formant l'oculaire, comme dans le microscope.

Kepler, justement surnommé le père de l'astronomie moderne, perfectionna la lunette en substituant un verre convexe au verre concave qui servait d'objectif à Galilée. Un grave inconvénient était inhérent à l'emploi de ces instruments : l'irisation des images était inévitable ; toutes paraissaient entourées d'auréoles colorées provenant de la décomposition de la lumière blanche à travers la substance de la lentille. De là résultait un manque de netteté dans les détails et une grande fatigue pour la vue. Heureusement, un opticien anglais nommé Dollond, petit-fils d'un français qui s'était expatrié après la révocation de l'édit de Nantes, trouva, vers le milieu du siècle dernier, le moyen de corriger le grand défaut provenant de la dispersion de la lumière, en inventant les lentilles *achromatiques*, c'est-à-dire donnant des images blanches ou sans coloration étrangère.

Quand il s'agit d'objets éloignés, il faut absolument, pour les examiner, obtenir leur image au moyen d'une lentille de dimensions suffisantes (objectif), et grossir ensuite cette image avec une loupe ou un système de loupes qu'on nomme oculaire.

Dans la lunette, les rayons formant l'image de l'objet éloigné sont d'autant plus nombreux que la lentille objective a une ouverture plus considérable, et par conséquent, l'image en question possède une intensité lumineuse qui est en rapport avec les dimensions de l'objectif. De plus, la grandeur de cette image, produite au foyer, est proportionnelle à la distance de celui-ci au centre de la lentille ; cette distance s'appelle longueur focale. On voit ainsi que le grossissement supporté par une image formée au foyer de l'objectif d'une lunette, augmente avec l'ouverture de cet objectif et la distance focale ; car l'intensité de la lumière croissant avec les dimensions de la lentille, on peut alors répartir cette lumière sur une surface dont l'étendue va en augmentant.

Les rayons émanés d'un centre lumineux ne se réunissent pas exactement au même point après avoir traversé une lentille sphérique convexe. Les rayons qui subissent la plus grande déviation sont ceux partis des bords de la lentille. D'où il résulte qu'un point quelconque de l'objet ne donne pas une image rigoureusement en un seul point, et que celle-ci n'est pas d'une netteté parfaite. Cette confusion, résultant du manque de coïncidence en un même point, des rayons partis des bords de la lentille et de ses autres parties, est ce que l'on nomme *aberration de sphéricité.*

La sensibilité de ce défaut, inhérent à la forme des lentilles, croissant avec leurs dimensions, rend le travail des verres très-délicat, passé certaines limites, aussi bien pour la fonte de la matière brute que pour la taille elle-même des surfaces sphériques. Voilà une des principales raisons pour lesquelles les bons objectifs sont si rares, et pourquoi leur prix atteint quelquefois un chiffre exorbitant.

Mais il existe un autre défaut auquel il est moins facile de remédier ; c'est l'*aberration de réfrangibilité,* due au phénomène de la dispersion de la lumière. On sait, en effet, qu'un rayon de lumière blanche est composé d'autres rayons diversement colorés et éprouvant des déviations différentes en traversant un prisme transparent, une lentille, ou tout autre milieu que celui d'où arrive la lumière. Par conséquent, après avoir traversé l'objectif, le faisceau lumineux se rend au foyer et aux environs de ce point, en donnant diverses teintes dues à la décomposition de la lumière blanche.

L'invention de l'achromatisme a eu pour résultat de conduire à la construction de lentilles plus ou moins exemptes d'aberration de réfrangibilité, et

donnant au foyer des images blanches ou très-peu altérées par la coloration des rayons. Les deux espèces de verre employées dans la fabrication des lentilles achromatiques sont le *crown-glass* et le *flint-glass.*

La perfection est loin d'avoir été atteinte dans l'exécution de ces sortes de lentilles. Un bon objectif achromatique est une chose rare, au delà de certaines dimensions.

Verres d'optique. Les grands objectifs. — Nous avons sous les yeux un rapport de M. Luynes, de la Société d'encouragement, sur les progrès de la fabrication des verres d'optique, progrès constatés par l'exposition des principaux produits de la fabrication de M. Feil. Pendant longtemps, on ne se procurait des verres d'optique qu'en choisissant dans les verres ordinaires les morceaux exempts des défauts pouvant nuire à la netteté des images.

Ce fut Guinand, né à Brenetz, canton de Neuchâtel, vers 1741, qui, le premier, fabriqua directement et en masses suffisantes, du verre assez pur pour servir aux usages de l'optique. Les procédés restèrent inconnus, mais son fils les retrouva. Le procédé de Guinand, pour obtenir un verre homogène et sans stries, consiste dans le brassage du verre après l'affinage, au moyen d'une tige en terre de même nature que le creuset, en continuant cette opération jusqu'au moment où le verre est devenu assez visqueux par refroidissement, pour qu'on n'ait plus à craindre de liquation. Cela dure pendant sept heures pour le flint et cinq heures pour le crown. M. Feil fait durer quinze heures la chauffe du pot, dix huit heures l'enfournement, et quinze heures l'affinage.

Les masses de verre destinées aux grands objectifs doivent être refroidies très-lentement pendant plusieurs semaines. Ces grandes opérations ne réussissent qu'avec des soins continus. A force de persévérance, M. Feil est arrivé à obtenir presque sûrement les masses considérables qu'on lui demande pour les grands objectifs. Elles sont ensuite moulées par ramollissement, et leur refroidissement exige des soins extrêmes.

L'homogénéité parfaite du verre ne suffit pas, il faut qu'il résiste à l'action des agents atmosphériques. On sait par expérience que de très-beaux verres ont été hors d'usage au bout d'un certain temps. M. Feil a pu composer ses verres de façon à éviter ces accidents; son crown résiste à une action de plusieurs heures, sous pression, dans l'eau acidulée, il est aussi plus résistant que les verres du commerce. Les disques de verre fabriqués par M. Feil pour les constructeurs de grands instruments d'optique, atteignent une dimension qu'on ne pouvait pas même espérer, il y a quarante ans, c'est-à-dire 56 à 74 centimètres; il est en mesure d'en produire de plus grands encore.

Depuis l'invention de l'achromatisme, on a toujours éprouvé de grandes difficultés pour construire des objectifs d'une dimension un peu grande et sans défauts. Deux conditions principales sont à réaliser : avoir une substance transparente homogène, de bonne qualité; ensuite façonner la matière pour en faire des objectifs propres aux observations astronomiques.

La première condition est remplie par M. Feil, qui prépare la substance vitreuse de manière à ne laisser rien à désirer; la deuxième condition a été réalisée par M. Secretan et avant par M. Eichens.

M. Secretan a fait remarquer que l'on construisait maintenant en France des objectifs aussi bons et même meilleurs qu'à l'Étranger. Nous avons vu un objectif de 24 centimètres de diamètre; son foyer est de 3,25 mètres; son prix est de 6,300 francs. Deux autres objectifs, l'un de 16 centimètres et l'autre de 19 sont aussi bons que le précédent. D'autres objectifs de 21, 27, de 32 et de 38 centimètres viennent légitimer le titre de cet article. Ces objectifs n'ont été débordés ni à la gouttière, ni même à la barre, mais tournés au diamant noir

sur un tour horizontal et un support à chariot, ce qui permet d'arriver à un ajustage parfait sur la monture. Nous avons appris, tout récemment, que ces résultats étaient dus à l'habileté de M. Eichens.

A côté des travaux faits sur la mécanique céleste par les continuateurs de Newton, et en tête desquels figure Laplace, il faut placer maintenant les observations des astronomes qui savent explorer la surface du soleil, des planètes et des étoiles, qui pénètrent dans la masse des comètes et des nébuleuses, qui font usage d'une méthode nouvelle appelée *analyse spectrale*, de manière à pouvoir ranger sous la puissance des mêmes lois la matière si abondamment répandue dans l'immensité. Nous aurons d'ailleurs à revenir sur la distinction à faire entre les diverses classes d'astronomes.

Achromatisme. Construction des lentilles. — Sans le secours des lunettes et des télescopes, nous n'aurions jamais su (si ce n'est par leurs mouvements) que les planètes Mars et Vénus sont les sœurs de notre terre, et il est douteux que le soleil eut été inscrit au nombre des étoiles variables.

Fraunhofer avait employé pour l'objectif de la lunette astronomique une lentille convexe de crown-glass et un ménisque divergent de flint-glass, l'ensemble agissant comme une lentille simple. Le ménisque divergent est formé de deux calottes sphériques ayant leur centre du même côté de la lentille; le plus grand rayon appartient à la surface convexe. L'aberration de réfrangibilité, donnant des images irrisées sur les bords, disparaît avec cette combinaison, ou du moins elle devient à peu près insensible. Quant à l'aberration de sphéricité, cause de l'écart des rayons émanés des bords de la lentille, et qui les fait se croiser trop loin du foyer, ainsi que nous l'avons dit, on y obvie au moyen de diaphragmes ou par un travail spécial exécuté sur le contour du verre.

On construit des objectifs achromatiques en accolant deux lentilles de crown et une lentille de flint, convenablement taillées; mais le plus ordinairement deux verres suffisent : une lentille biconvexe en crown-glass et une lentille plane d'un côté et concave de l'autre en flint-grass, toutes deux ayant le même axe.

La construction d'un objectif réclame de la part du verrier et de l'opticien tous les soins indiqués par une expérience éclairée. Le premier cherche à obtenir une homogénéité et une pureté parfaites dans toutes les parties de la matière vitreuse destinée à être transformée en lentilles; le second veut donner aux objectifs une forme irréprochable, afin que les images puissent supporter un grossissement suffisant, sans altération dans la netteté et avec la plus grande intensité possible de lumière.

Les verres pour objectifs de lunettes, longues-vues et appareils photographiques sont, ainsi que nous venons de le dire, en flint-glass et en crown-glass. Le flint est un boro-silicate de plomb, et le crown un boro-silicate de potasse et de chaux. Ces verres doivent être inaltérables à l'air et doués d'une transparence parfaite, ils sont difficiles à fondre, et, pour rendre leur homogénéité irréprochable, on les tient en fusion pendant plusieurs heures et on brasse la matière sans interruption avant de la couler. La température du fourneau étant portée à son maximum d'intensité, les verres ainsi obtenus sont très-purs, si l'opération a été bien conduite. On livre ainsi aux opticiens les verres en blocs ou en forme circulaire et dépolie, puis on les scie suivant les dimensions voulues.

La taille comprend trois opérations : 1° on commence par dégrossir les verres en les usant dans des bassins en fonte avec du grès que l'on a soin de mouiller; 2° on continue l'opération précédente dans des bassins en cuivre en employant

l'émeri et le tripoli. La poussière de cette matière s'obtient à des degrés de finesse différents, en les jetant dans un vase d'eau d'une certaine profondeur. Le sable le plus fin est le plus long à descendre au fond de l'eau, tandis que les parties grossières tombent les premières; 3° on termine la taille en recouvrant les bassins (dont la courbure est faite avec soin) avec du papier que l'on colle dessus et que l'on saupoudre de blanc d'Espagne.

Les surfaces concaves des bassins s'altérant nécessairement pendant le cours de l'opération, on rétablit la régularité de ces surfaces en les emboîtant dans les surfaces convexes et semblables à d'autres bassins, et en les usant les unes contre les autres.

La pesanteur spécifique du flint-glass varie entre 3,58 et 3,62; celle des crown-glass est comprise entre 2,59 et 2,50. Cependant, M. Feil fait varier quelquefois ces densités. Pour la construction des microscopes et pour certains travaux d'optique, cet habile fabricant fait un flint extra-lourd, ayant une densité de 4,35., c'est un verre très-difficile à obtenir, formé presque entièrement d'un silicate de plomb. Les verres spéciaux pour la photographie sont en flint très-blanc, ayant pour densité 3,20, tandis que le poids spécifique de crown est 2,54. Les procédés employés dans l'usine Feil, pour la fabrication des verres d'optique, sont plus économiques et plus réguliers que ceux inventés par Guinand et retrouvés par son fils Henri. Les verres qui sortent de cette fabrique sont recherchés aussi bien à l'Étranger qu'en France.

La perfection optique d'une lunette est le point essentiel, c'est sa propriété caractéristique. Cependant, ce n'est pas tout, il faut approprier l'instrument à la nature des recherches, aux besoins des observations. Certaines lunettes sont destinées à fournir des éléments aux calculs : telles sont la lunette méridienne, le cercle mural, l'équatorial, etc. Les autres, non moins importantes, servent aux observations physiques sur la constitution des astres, etc.

Pour essayer les quatre surfaces d'un objectif, on peut employer un appareil ingénieux, inventé par Foucault : on forme une étoile artificielle au moyen d'un petit foyer lumineux; les rayons traversent l'objectif placé en face et viennent tomber parallèlement sur un miroir à surface plane parfaite. Ce miroir les renvoie à travers l'objectif, et après cette seconde réfraction on a au foyer de celui-ci une image du petit corps lumineux; on a tout le loisir d'examiner cette image à son aise, de manière à constater les défectuosités du verre. Le travail peut donc être continué sans interruption; car on n'a plus besoin d'attendre pour essayer l'objectif que le ciel soit beau et favorable aux observations.

Instruments astronomiques. — Le *télescope* est aussi un instrument dont on se sert pour amplifier les dimensions apparentes des astres. Son pouvoir, devenu proverbial, a été poussé en France à un degré de perfection extrême. Cet instrument se compose d'un miroir métallique donnant une première image d'un astre ou d'un objet éloigné; on peut le grossir directement avec un système de loupes formant l'oculaire, comme dans la lunette; on peut aussi renvoyer l'image de ce miroir en dehors du tuyau de l'instrument, soit avec un petit miroir plan incliné à 45 degrés sur l'axe (télescope de Newton), soit avec un autre petit miroir courbe, qui permet de grossir cette seconde image avec l'oculaire placé à l'ouverture pratiquée au centre du premier miroir (télescope de Grégori).

Herschel, le grand observateur auquel on doit de nombreuses et belles découvertes, construisait lui-même ses télescopes; il apporta des perfectionnements considérables dans leur fabrication, car il les préférait aux lunettes. Mais la grande perte de lumière occasionnée par l'absorption de la substance des miroirs, fit depuis préférer les lunettes, dont l'usage est devenu presque

général. Les lunettes diffèrent donc des télescopes en ce que les miroirs métalliques de ces derniers sont remplacés par une lentille biconvexe en verre, constituant l'objectif et donnant une première image par réfraction, c'est-à-dire après le passage des rayons lumineux à travers la substance de cette lentille.

Foucault secoua la poussière entassée sur le télescope, en modifiant le grand miroir de manière à en faire un organe d'investigation tout nouveau : il imagina un miroir en verre argenté. Le télescope est essentiellement exempt d'aberration de réfrangibilité, puisque c'est un instrument à réflexion. La pureté de ses images ne dépend que de la perfection d'une surface, celle de son grand miroir. A égalité de longueur focale, il comporte un plus grand diamètre que la lunette, et il rachète ainsi en partie les pertes que la lumière subit aux réflexions. C'est pour cela que quelques observateurs, surtout en Angleterre, continuèrent à lui donner la préférence sur la lunette. Une fois le miroir en verre taillé et poli, le procédé Foucault consiste à le recouvrir d'une couche d'argent qui, au sortir d'un bain où elle s'est formée, acquiert par un frottement bien exécuté un éclat très-vif. La surface du verre ainsi métallisée est énergiquement réfléchissante. Ce télescope est moitié plus court qu'une lunette de même diamètre ; il donne presque autant de lumière et des images plus nettes ; à longueur égale, il comporte un diamètre double et recueille trois fois et demie plus de lumière.

Un télescope parabolique en verre argenté a aussi été inventé par Foucault. Le miroir est taillé dans un disque en verre fortement trempé ; il est monté comme le télescope newtonien, mais l'image n'est pas renvoyée par un petit miroir placé en dehors du tube ; elle est reçue à l'intérieur d'un prisme à réflexion totale, où on l'observe avec un oculaire formé de quatre verres. Le grossissement est varié en changeant simplement l'oculaire des quatre verres, et l'objectif reste inséparable du miroir.

La *lunette équatoriale* a toujours eu une grande importance dans les observatoires. On comprendra les difficultés que présente la construction de cet instrument, si on veut bien considérer qu'il permet de suivre un astre pendant son mouvement diurne apparent, sans avoir à se préoccuper de manœuvrer la lunette, une fois qu'elle a été braquée. Quand un chasseur vise un oiseau pour le tuer au vol, son œil suit le long du fusil la direction de l'animal pendant un certain temps, en imprimant à l'arme un mouvement dirigé par les bras. Substituez une lunette au fusil et un mécanisme d'horlogerie à l'impulsion donnée par le chasseur, et vous aurez l'équatorial, dont l'axe est dirigé suivant la ligne des pôles célestes, en sorte que la lunette décrit un cône dont la base est tracée par l'astre visé ; c'est un cercle appelé *parallèle*. Le mouvement d'horlogerie est organisé de manière à faire exécuter régulièrement à la lunette un tour en vingt-quatre heures, ou 15 degrés à l'heure, puisque la circonférence entière est divisée en 360 degrés. La lunette est-elle couchée parallèlement à l'axe, alors son mouvement est aussi lent que possible ; le maximum de vitesse répond à la position perpendiculaire à cet axe, quand la lunette est dans l'équateur. Cela tient à ce que l'équateur est le plus grand des cercles diurnes, et que ses parallèles deviennent de plus en plus petits, à mesure qu'ils se rapprochent davantage des pôles ou des extrémités de l'axe en question. Mais quel que soit l'astre observé, haut ou bas sur l'horizon, il met constamment vingt-quatre heures pour faire un tour entier sur son parallèle, et le même mouvement s'applique à tous les corps célestes.

Ainsi, avec la lunette équatoriale, on est débarrassé des inconvénients inhérents à l'emploi des lunettes ordinaires ; car dans celles-ci, l'astre observé traverse rapidement le champ de la vision, et il faut à chaque instant tourner des

vis et des manivelles pour retrouver la nouvelle position, continuellement changeante.

Les véritables instruments de précision, ceux dont on tire le meilleur parti pour étudier les mouvements célestes, sont la *lunette méridienne*, le *cercle mural*, le *cercle méridien*; ce dernier instrument ne date que de quelques années.

La *lunette méridienne* se meut légèrement dans un plan vertical, qui doit se confondre avec le méridien de l'observateur, plan passant par son zénith et contenant l'axe du monde. Cet instrument donne le moment précis du passage des astres à ce méridien, d'où l'on déduit leur ascension droite, l'une des coordonnées célestes indispensables à la fixation des positions sur la sphère céleste; c'est la distance d'un astre prise sur son parallèle, au point où ce cercle rencontre le premier méridien pris pour origine. Cette distance peut également être prise sur l'équateur entre le premier méridien, et celui passant par l'astre. Cette coordonnée est fournie en temps par la lunette méridienne, à raison de 15 degrés par heure. L'ascension droite correspond sur la voûte céleste aux longitudes de la terre.

Le *cercle mural* se meut également dans un plan vertical coïncidant avec le méridien du lieu où il est fixé; il donne la hauteur de l'astre observé sur l'horizon d'où l'on déduit sa distance à l'équateur ou sa *déclinaison*. C'est la seconde coordonnée céleste qui sert à fixer la position de l'astre sur la sphère étoilée.

Le *cercle méridien* fonctionne comme lunette méridienne et comme cercle mural; il donne à la fois l'ascension droite et la déclinaison de l'astre observé; il suffit donc pour donner le lieu occupé par l'astre sur la sphère céleste. Ce même instrument sert également à la détermination des longitudes et des latitudes terrestres.

Le *cercle méridien* donné par M. Bischoffsheim à l'Observatoire de Paris, a été installé à l'époque des débats soulevés à l'Académie des sciences, au sujet du transfert de l'Observatoire hors la capitale. Tout le monde reconnaissait que la grande salle méridienne, construite en 1830, par Arago, n'offrait aucune des garanties nécessaires à des observations de haute précision. L'épaisseur des murs et du double plafond de cette salle, le peu de largeur des ouvertures, le voisinage du bâtiment de l'Observatoire, la différence de niveau entre les deux faces nord et sud, devaient nécessairement affecter l'équilibre des couches atmosphériques avoisinantes, et les empêcher de prendre cette horizontalité que suppose la théorie de la réfraction atmosphérique et qui permet de corriger les observations de l'influence de cette cause perturbatrice. La réfraction, en effet, c'est-à-dire la direction qu'éprouvent les rayons venant d'un astre, en traversant l'atmosphère de la terre, est l'ennemi le plus tenace de la précision des observations; et l'on peut dire qu'aujourd'hui les incertitudes provenant de cette cause dépassent les erreurs dues aux instruments et aux méthodes d'observation.

A ces excellentes raisons que M. Wolf a fait ressortir, nous en aurions d'autres à ajouter, qui viennent démontrer que l'Observatoire de Paris est impropre à la pratique de bonnes observations. Puisque l'astronomie, dit M. Wolf, ne peut s'affranchir de l'influence fâcheuse de la réfraction, la première préoccupation doit être de la réduire à des conditions dans lesquelles il soit possible d'en calculer l'effet. Aussi, ce qui frappe tout d'abord le visiteur, autour du nouveau cercle méridien, c'est le petit bâtiment qui l'abrite. Au milieu d'une pelouze gazonnée, s'élève une cabane entièrement en tôle de fer, dont le toit

est formé de deux plaques qui, en roulant sur des galets, peuvent s'écarter l'une de l'autre et laisser ouverte toute la partie supérieure du bâtiment.

Les parois sont faites de deux enveloppes de tôle mince, dans l'intervalle desquelles l'air circule librement, maintenant ainsi toutes les pièces à la température de cet air lui-même. De larges fenêtres peuvent encore s'ouvrir, et l'observateur et l'instrument se trouvent par suite dans les mêmes conditions que si l'observation se faisait en plein air. Le seul obstacle qui puisse encore s'opposer à la perfection des conditions d'observation, est la présence de ces beaux arbres qui font de la terrasse de l'Observatoire un magnifique jardin, mais qui emmagasinent l'air chaud pendant le jour et le déversent lentement pendant la nuit. Les astronomes finiront par sacrifier ces beaux ombrages à la précision de leurs observations.

Un simple coup d'œil jeté sur le grand cercle méridien, l'équatorial de l'ouest, le grand télescope et sur le nouvel instrument de M. Bischoffsheim, tous sortis des ateliers de M. Eichens, montre la révolution qui s'est opérée dans les procédés de construction. Au lieu d'instruments formés de pièces de laiton laminé, rapportées par de simples vis ou même de soudures à l'étain, ce sont des corps de lunette en fonte de fer boulonnés sur des axes en fonte et acier, à l'aspect robuste et élégant; des cercles en bronze venus d'une seule pièce à la coulée et protégés contre toute déformation par de nombreux croisillons. C'est l'art de l'ingénieur appliqué à la construction des instruments astronomiques avec les forces que donnent le choix des métaux et l'épaisseur des pièces, et la précision que permet d'atteindre l'emploi des machines-outils.

L'Angleterre a inauguré cette révolution vers 1847, par les soins de M. Airy, directeur de l'Observatoire de Greenwich. En 1863, Le Verrier terminait à Paris l'installation du cercle méridien, plus grand encore que celui de nos voisins, et destiné comme lui à l'observation des petites planètes; mais ces gigantesques instruments manquent, à cause de leur poids, d'une qualité essentielle; ils ne ne sont pas réversibles. Quelle que soit la rigidité des pièces, l'instrument subit dans chaque position successive, des flexions nécessairement inégales, que l'astronome doit étudier et mesurer pour en corriger ses observations. Mais cette étude et cette mesure ne peuvent se faire que par le retournement de l'instrument. Cette opération peut être exécutée avec le nouveau cercle méridien.

Dès 1852, M. Brunner avait construit de petits instruments portatifs répondant à ces conditions. Ces cercles méridiens furent perfectionnés par ses fils, par MM. Rigaud, et Eichens; ces instruments sont uniquement employés aujourd'hui dans les observations géodésiques. En 1868, M. Eichens construisit pour l'Observatoire de Lima un cercle méridien réversible, dont la lunette avait 2 mètres 30 centimètres de longueur et l'objectif 20 centimètres d'ouverture libre. C'est ce modèle, successivement perfectionné, qui est devenu, entre les mains de l'habile constructeur, le cercle méridien de Marseille (1876) et le cercle donné par M. Bischoffsheim (1877).

L'objectif du premier a été taillé par Léon Foucault; les deux autres sont de M. Ad. Martin. Le nouvel Observatoire de Lyon, à l'établissement duquel M. André s'emploie avec une activité énergiquement soutenue par l'administration, va posséder bientôt un semblable cercle méridien un peu plus petit; la lunette a 2 mètres et l'objectif 14 centimètres; c'est encore M. Bischoffsheim qui fait ce cadeau à la science.

Le cercle méridien de Rio-Janeiro est l'un des excellents instruments emportés par M. Liais, directeur de l'Observatoire de cette ville brésilienne. Ce cercle méridien présente un ensemble de combinaisons, grâce auxquelles ses moindres défauts peuvent être reconnus et mesurés avec une grande précision, de

manière à éliminer totalement leur influence sur les résultats des observations. C'est un ancien cercle mural construit par Dollond, et dont la disposition spéciale a été conservée. On l'a rendu apte à la détermination des ascensions droites des astres, ce qui lui donne les qualités du cercle méridien, en lui adjoignant des *collimateurs* au Nord et au Sud, ainsi qu'un petit miroir parfaitement placé et argenté, situé à angle droit sur l'axe, dans l'intérieur de la lunette. On a fixé sur des piliers en pierre une lunette d'un fort grossissement, à cinq mètres en avant du miroir. On y aperçoit une mire située dans le voisinage et réfléchie par le miroir. Deux vis micrométriques rectangulaires permettent de déplacer cette mire, l'une dans le sens horizontal, l'autre dans le sens vertical, afin de pouvoir amener dans une position quelconque de la lunette du cercle, l'image de la mire sous le croisement des fils de la lunette fixe dirigée vers le miroir. On peut aussi rapporter les observations à un plan vertical parfait de repère, qui est celui passant par les deux axes optiques des collimateurs nord et sud de la lunette du cercle pointés l'un sur l'autre.

Le grand télescope de l'Observatoire de Paris. — Grand télescope américain. — Tout le monde a entendu parler de Herschel, le grand astronome de Slough, qui vivait encore dans les premières années de ce siècle. Cet habile et illustre observateur avait construit un télescope de trente-neuf pieds anglais de long. Arago disait de cet instrument : « On ne se trompe pas moins quand on imagine que l'observateur de Slough se servait sans cesse de ce télescope qu'en soutenant avec M. de Zach que l'instrument colossal n'a été d'aucune utilité, qu'il n'a servi à aucune découverte, qu'on doit le considérer comme un simple objet de curiosité, ces assertions sont formellement contredites par les propres paroles d'Herschel. En effet, ce gigantesque instrument lui fit découvrir le sixième satellite de Saturne. » Disons le vrai motif qui détournait Herschel de se servir plus souvent de l'immense télescope de trente-neuf pieds. Malgré la perfection du mécanisme, la manœuvre de cet instrument exigeait le concours continuel de deux hommes de peine et celui d'une personne chargée de prendre l'heure à la pendule. Dans les nuits à changements de température un peu considérables, le télescope, à cause de sa grande masse, était toujours en retard thermométrique sur la variation que subissait l'atmosphère, ce qui nuisait beaucoup à la netteté des images. C'est avec des télescopes de moyenne dimension qu'Herschel fit les premières découvertes ; par exemple, il trouva la planète Uranus avec un instrument de sept pieds anglais de long, auquel il avait appliqué un grossissement de 227 fois.

Le nouveau grand télescope de l'Observatoire de Paris est installé au milieu du jardin. Des rails vont du Nord au Sud et se croisent, avec changement de voie autour du bâtiment en planches, qui a 10 mètres de haut sur 8 de large. Il repose sur des roues pour suivre les rails ; c'est là-dessus qu'est dressé le télescope. Le diamètre de son tube est de un mètre deux décimètres ; sa longueur est de sept mètres trois décimètres ; il est perché sur des tourillons et est en fer forgé ; son poids est de 2,800 kilog. En y joignant le poids de l'axe transversal qui maintient le tube fixé à 8 mètres de hauteur, le poids des tourillons, celui du contre-poids, etc., on à 20,000 kilog. à peu près.

Tout l'appareil est facilement maniable et le mouvement d'horlogerie est très-régulier. L'oculaire, placé tout près de l'ouverture des tubes, est mobile. Un escalier en fonte est situé en spirale sur une plate-forme roulante ; il peut tourner de manière à permettre à l'observateur de contourner l'ouverture du tube.

Pour se servir de l'instrument, on fait rouler la cage sur rails, on pousse l'escalier sur d'autres rails à angle droit des premiers ; un treuil fait mouvoir l'escalier sur des rails circulaires.

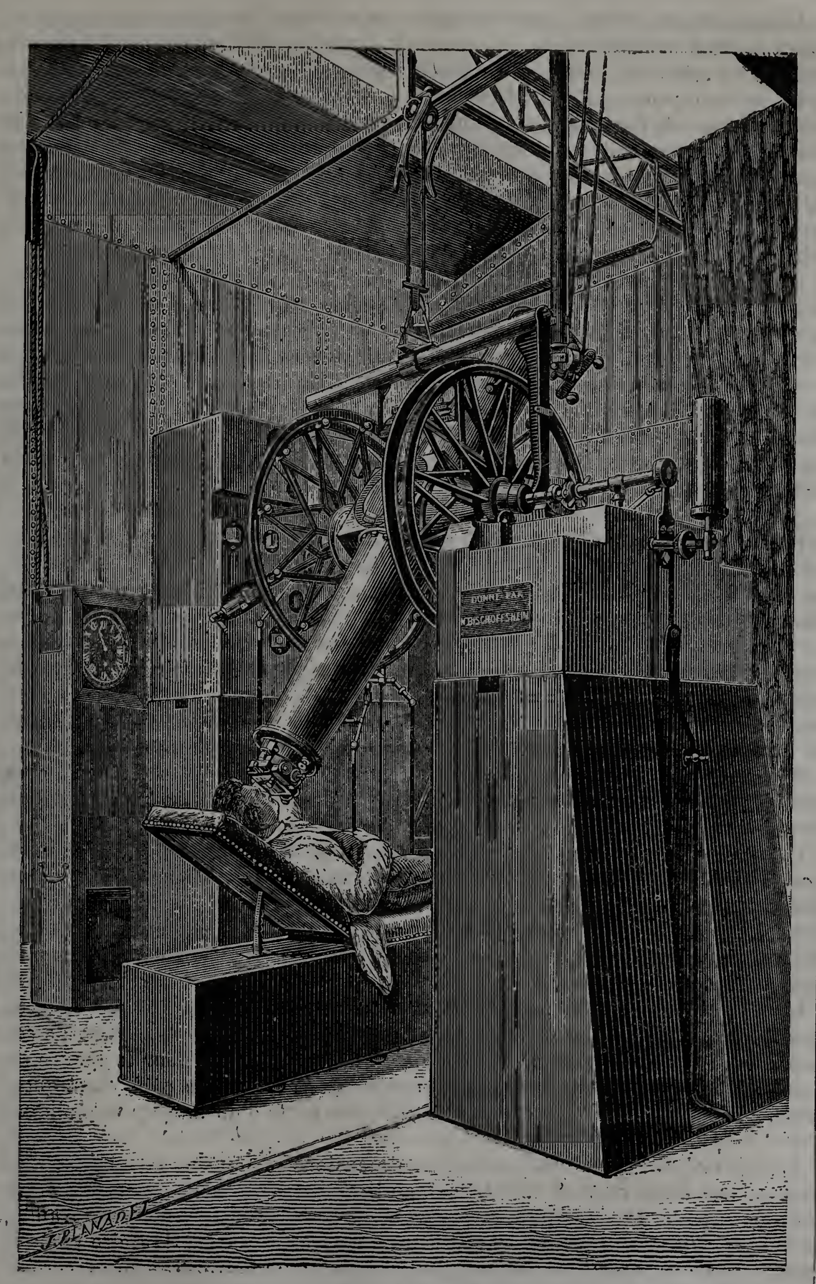


Fig. 1. — Le nouveau cercle méridien de M. Bischoffsheim, à l'Observatoire de Paris. Vue de l'appareil pendant l'observation.

Le maniement de cet escalier exige le concours de trois hommes. L'instrument a coûté 200,000 francs. On pourrait appliquer à ce télescope, un grossissement de 2,400 fois; mais on ne dépasse guère le grossissement de 1,200 fois.

On a beaucoup parlé du télescope de lord Ross et de la grande lunette de l'Observatoire de Paris, qui n'était pas construite. On pourrait être porté à douer ces grands instruments de propriétés extraordinaires. Sans doute, ils donnent une immense amplification aux images des astres; mais si on songe aux difficultés de leur maniement, à la presque impossibilité d'obtenir une température uniforme dans toute leur masse, etc., on s'aperçoit bien vite que l'intérêt de la science doit s'attacher aux instruments de dimensions restreintes.

Il y a bientôt quatre ans, le *Scientific american Journal* parlait de l'exécution prochaine d'un *télescope gigantesque* qui devait coûter un million de dollars; M. James Lick, riche propriétaire de San Francisco, fit dresser les plans pour la construction de tout l'appareil. Avec ce télescope, qui doit être installé à 10,000 pieds au-dessus du niveau de la mer, dans les cieux transparents de la Sierra-Nevada, avec les divers appareils construits pour aller à sa taille, avec des observateurs savants et habiles; enfin, avec les méthodes perfectionnées qui lui seront appliquées, M. Georges Davidson exprimait l'espoir de voir bientôt poindre le jour où les plus mystérieux problèmes de la création s'abaisseront à la portée de nos mains.

Il était question d'un objectif de quatre mètres de diamètre, avec une longueur focale de 40 mètres, et pouvant donner un grossissement de 28,000 fois en diamètre! La Lune serait vue à *trois* lieues de l'observateur! On pourrait résoudre des nébuleuses qui ont résisté jusqu'ici aux recherches des plus habiles. Le champ de la vision serait étendu beaucoup plus loin que les limites actuelles. Les planètes seraient vues sous des dimensions extraordinaires; la planète Mars, par exemple, nous paraîtrait cent fois plus grande que la Lune vue à l'œil nu. Les anneaux de Saturne pourraient être étudiés plus intimement qu'on ne l'a fait.

Mais un grave inconvénient résultera de l'emploi d'un tel instrument, c'est celui relatif à la très-petite portion d'un astre qu'il laissera voir; le champ d'un pareil télescope sera par trop restreint.

Le miroir réflecteur de ce télescope serait formé d'un cylindre plein de mercure et tournant sur son axe. La surface du mercure serait concave et d'une forme parabolique parfaite. Cet immense cylindre devra être animé d'un mouvement très-rapide et entièrement uniforme, sa position pouvant changer depuis l'horizontale jusqu'à la verticale. C'est là que doivent surgir les plus grandes difficultés pratiques.

D'après la feuille citée plus haut, cette entreprise, qu'elle qualifie la plus grande des temps modernes, sera achevée d'ici un an. Ce qui ressort de ces renseignements, c'est que, en 1875, on n'était pas encore fixé sur la nature de l'instrument; devait-il être une lunette ou un télescope? D'un côté, il est question d'une lentille objective; de l'autre côté, on parle d'un miroir parabolique.

Théodolite. — L'équatorial de petites dimensions se nomme *théodolite*; seulement l'axe de ce dernier est vertical, au lieu d'être parallèle à la ligne des pôles du monde. Les services que peut rendre le théodolite sont très-grands, car il peut suffire aux observations de précision. C'est un observatoire portatif complet, pourvu qu'il soit accompagné d'un chronomètre. Les deux cercles gradués, dont l'un horizontal et l'autre vertical, doivent être divisés avec le plus grand soin. Le principe de la répétition des angles prévient les erreurs de graduation avec une précision suffisante. De plus, les inconvénients qu'on rencontre toujours dans les observations, en n'opérant pas en plein air sont levés

par l'usage de cet instrument, car il est destiné à être installé sous l'abri de la voûte céleste. Mais c'est surtout dans les localités voisines de l'équateur que le théodolite a été employé avec avantage. La raison en est facile à saisir : sous la zône intertropicale, l'atmosphère est d'une fixité remarquable ; par suite de l'absence des variations brusques de la pression atmosphérique, les courants d'air n'ont pas cette instabilité et cette mobilité dont on se plaint tant en Europe, et qui nuisent considérablement à l'exactitude des observations.

II. — PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL.

Quand on connaît les rapports de plusieurs quantités les unes avec les autres, il suffit qu'une seule de ces quantités soit exprimée au moyen d'une unité connue pour en déduire immédiatement les valeurs de toutes les autres quantités relativement à cette unité. Si, par exemple, je dis que la distance de Paris à Châlon est double de la distance de Paris à Auxerre, et qu'entre Paris et Lyon, le chemin est trois fois plus long que la distance qui sépare Auxerre de la capitale, je ne donnerai qu'une idée de rapport, sans rien apprendre sur les distances vraies de ces villes.

Tout ce que j'en puis conclure, c'est qu'en supposant, par exemple, 20 lieues entre Paris et Auxerre, il y en aura 40 de Châlons à Paris, et 60 entre cette dernière ville et Lyon. Je pourrais tout aussi bien faire une autre supposition, les distances réelles resteront indéterminées, je n'aurai toujours que leurs rapports. Mais si je viens ajouter à ce qui précède que la mesure de Paris à Auxerre a été effectuée en mètres, et que cette distance en contient 133,000, ou qu'elle est de 133 kilomètres, j'en déduirai de suite qu'entre Paris et Châlon il y a le double, c'est-à-dire 266 kilomètres, et que Paris est séparé de Lyon par trois fois 133 ou 399 kilomètres. Les rapports précédents 1, 2 et 3, entre les distances respectives de Paris à Auxerre, à Châlon et à Lyon, ont permis de trouver les distances de ces villes exprimées au moyen d'une longueur comme le mètre et le kilomètre, prise pour unité, lorsqu'on a eu donné une seule de ces distances, celle de Paris à Auxerre, mesurée avec le mètre ou le kilomètre.

On sait que les planètes Mercure, Vénus, la Terre, Mars, etc., décrivent autour du Soleil des courbes à peu près circulaires, en des temps différents, que les observations ont fait connaître très-exactement. Ces temps sont 365 jours et un quart environ pour la Terre, un peu plus de 224 jours et demi pour Vénus, etc. Or, d'après une loi découverte par Kepler, ces temps font connaître les rapports des distances des planètes au Soleil seulement, sans donner la valeur d'une seule de ces distances. Ainsi, on sait que la distance de Mercure au Soleil étant représentée par 4, celles de Vénus et de la Terre à l'astre central sont respectivement 7 et 10. Autrement, si on prend pour unité de ces distances le quart de la ligne qui joint la planète Mercure au Soleil, on aura sept fois cette unité dans la distance de Vénus au Soleil et dix fois cette même unité entre le Soleil et la Terre.

On ne sait rien de plus, et pour connaître nettement ces distances, il faudrait rapporter l'une d'elle, la distance de la Terre au Soleil, par exemple, à une longueur comparable connue en mètres, comme le diamètre de la Terre.

La détermination de la distance de la Terre au Soleil, en prenant pour unité le diamètre de notre planète, est donc une question grave en astronomie ; une fois cette distance connue, on en déduira les distances de toutes les autres planètes au Soleil. C'est précisément ce problème qu'on se propose de résoudre par les observations des passages de Vénus sur le Soleil.

Dans sa course autour du Soleil, Vénus se trouve quelquefois précisément entre cet astre et la Terre, au moment de sa *conjonction inférieure*. Alors le disque de Vénus produit une petite éclipse de Soleil, en se montrant comme un point noir traçant une corde sur l'astre lumineux. C'est ce phénomène qu'on nomme un passage de Vénus sur le Soleil, et qui va nous servir à trouver la distance cherchée entre l'astre radieux et notre Terre.

On voit aisément qu'il y a un triangle formé par les trois lignes suivantes : celle qui joint le centre du Soleil au centre de la Terre, le rayon de celle-ci et la tangente partant du centre solaire pour se terminer à l'extrémité de ce rayon terrestre. L'angle ainsi formé au centre du Soleil est égal à la moitié de sa parallaxe ; si celle-ci était connue, tout serait connu dans le triangle que nous considérons. On connaîtra donc la distance du Soleil à la Terre quand on aura trouvé la parallaxe du Soleil.

La parallaxe de Vénus est l'angle formé sur Vénus par les lignes qui vont de cette planète aux extrémités d'un diamètre terrestre. Cette parallaxe est plus grande que celle du Soleil, puisque Vénus en conjonction inférieure (lors de l'un de ses passages sur le Soleil), est à une distance de la Terre représentée par 3, celle du Soleil à Vénus étant 7, et celle de la Terre au Soleil étant 10, (approximativement) ainsi que nous l'avons dit.

N'oublions pas que les parallaxes sont dans le rapport inverse des distances.

Nous supposerons, pour simplifier, que deux observateurs soient placés chacun à l'une des extrémités d'un diamètre de la Terre, perpendiculaire à son orbite ou à l'écliptique.

Au moment du phénomène, l'un de nos observateurs verra Vénus décrire une corde sur le disque solaire, et l'autre observateur verra aussi le même point noir traverser une autre corde, à cause de l'angle formé sur Vénus par les lignes dirigées des deux extrémités du diamètre qui joint nos observateurs. La distance de ces deux cordes, le diamètre de la Terre et les lignes de visée, aboutissant au milieu de ces cordes, formeront deux triangles dont les bases seront le diamètre terrestre et la distance des cordes sur le Soleil. Mais le rapport de ces bases, du diamètre de la Terre à la distance des cordes, sera celui de 3 à 7, ou des distances de Vénus à la Terre et au Soleil. D'où il suit que le diamètre de la Terre est les trois-septièmes de la distance des cordes. Ensuite, les parallaxes du Soleil et de Vénus sont dans le rapport de 3 à 10 ; et la parallaxe de Vénus diminuée de celle du Soleil donne les sept tiers de la parallaxe solaire. Il en résulte que cette dernière parallaxe est égale aux trois-septièmes de la différence qui existe entre la parallaxe de Vénus et la parallaxe du Soleil ; en sorte que celle-ci sera connue si on connaît la différence des deux parallaxes de Vénus et du Soleil.

Mais le diamètre de la Terre (dont on connaît la valeur) étant les trois-septièmes de la distance des cordes solaires, donnée par l'observation, cette valeur constitue l'angle sous lequel on verrait ce diamètre, si l'œil était placé au centre du Soleil ; c'est-à-dire que cet angle, les trois-septièmes de la distance angulaire des cordes, est la parallaxe du Soleil. On voit ainsi que la question consiste à trouver la distance des deux cordes ; et cette distance sera déterminée quand on connaîtra la longueur de ces cordes. Mais les longueurs de celles-ci se trouvent au moyen des temps que Vénus emploie pour les tracer.

Le rapport de ces temps à celui que mettrait l'astre pour traverser le diamètre du Soleil, ce dernier étant connu par les vitesses relatives de Vénus et du Soleil, donne immédiatement le rapport des longueurs des cordes au diamètre solaire, et, par conséquent, leur grandeur.

Tout se réduit donc à observer exactement les temps des passages de Vénus sur le Soleil, pour les deux positions que nous avons choisies sur la Terre.

Lorsque les observateurs sont placés aux extrémités d'une corde terrestre perpendiculaire à l'écliptique, on atteint encore le but désiré. Il en est de même quand les stations sont autres ; mais alors il faut tenir compte des circonstances et des conditions diverses qui se présentent. Cette méthode ingénieuse a été trouvée par le célèbre astronome Halley, qui n'eut pas la satisfaction de l'appliquer lui-même, car il mourut avant les observations des passages de 1761 et de 1769.

On conçoit que si le plan de l'orbite de Vénus se confondait avec celui de la Terre, la première de ces planètes, lors de ses conjonctions inférieures, semblerait toujours se projeter comme un point noir sur le disque solaire. Mais ce phénomène est loin de se produire à toutes les conjonctions de Vénus, à cause de l'inclinaison du plan de son orbite sur l'écliptique. Le plus souvent, Vénus passe au-dessus ou au-dessous de ce dernier plan, où se trouve le Soleil ; il en résulte que la planète ne se projette pas sur le disque lumineux, au moment de sa jonction.

Deux passages de Vénus se suivent toujours à huit ans d'intervalle ; et après, il faut attendre plus de cent ans pour revoir le phénomène. Voici la liste des passages dressée par Delambre : 4 décembre 1639, 6 juin 1761, 3 juin 1769, 9 décembre 1874, 6 décembre 1882, 8 juin 2004, 5 juin 2012, 11 décembre 2017, 8 décembre 2125, 11 juin 2247, 9 juin 2255, 12 décembre 2360, 10 décembre 2368. Delambre a montré que Vénus se trouvait en conjonction inférieure tous les 584 jours, à peu près. Pendant ce temps, la Terre fait un tour entier autour du Soleil plus 216 degrés. A la suite de cinq conjonctions, la Terre aura fait cinq révolutions plus cinq fois 216 degrés, ce qui fait huit révolutions. Au bout de huit années, les conjonctions reviennent donc au même jour et au même point du ciel, à très-peu près. Lorsqu'un passage arrive, on doit donc en attendre un autre huit ans après ; or, en huit ans, la latitude de Vénus augmente de 20 à 24 minutes de degré ; en 16 ans, elle aura augmenté de 40 à 48 minutes, quantité plus grande que le diamètre du soleil. Alors Vénus ne pourra pas avoir de passage sur l'astre lumineux. Pour voir un nouveau passage, il faudra attendre que la latitude de Vénus, laquelle varie entre 3 degrés 24 minutes boréale et 5 degrés 23 minutes australe, ne soit pas trop considérable, à l'instant d'une conjonction inférieure. Cela exige un intervalle de 121 ans, plus 8 ans, ou 243 ans plus ou moins 8 ans.

Quant au passage du 9 décembre 1874, il a été observé en de nombreux points du globe, par des astronomes très-habiles. La plupart des expéditions ont réussi dans leur entreprise, le ciel leur ayant été favorable.

Dans une communication du 12 avril 1875, M. Puiseux a donné les résultats qu'il a obtenus sur la parallaxe du Soleil, en se servant des données fournies par M. Mouchez, qui a dirigé l'expédition de l'île Saint-Paul, ainsi que de celles de M. Fleuriais, qui dirigeait les opérations à Pékin. Bien que M. Puiseux ait déclaré que le nombre 8 secondes 88 centièmes qu'il a trouvé pour la parallaxe solaire, n'est qu'une valeur particulière aux deux stations dont il s'agit, il n'en est pas moins resté convaincu que cette valeur est approchée de la véritable à un ou deux centièmes de seconde ; elle ne diffère d'ailleurs pas davantage de la valeur 8 secondes 86 centièmes déduite de la vitesse de la lumière trouvée par Foucault et par M. Cornu. Quant à la valeur définitive de la parallaxe du Soleil, et par conséquent, de la distance de cet astre à la Terre, elle ressortira exactement de l'ensemble des résultats propres aux diverses expéditions scientifiques. M. Puiseux a eu soin de spécifier l'expression de la correction possible à apporter au nombre qu'il a donné. Ensuite, il a fait judicieusement observer qu'il faudrait supposer aux corrections inconnues une grandeur invraisemblable,

pour que leur influence se manifestât sur le chiffre des centièmes de seconde de la parallaxe.

Six missions scientifiques furent organisées en France, pour aller observer le passage de Vénus sur le Soleil, le 9 décembre 1874.

Voici la destination de ces missions : L'île Campbell, l'île Saint-Paul, Nouméa, Pékin, Yokohama et Saïgon.

En somme, l'entreprise a réussi ; bien qu'à l'île Campbell le temps soit resté couvert au moment du phénomène, les autres stations ont eu la chance d'observer les phases les plus importantes du passage.

Ne pouvant entrer ici dans les détails des observations, d'autant plus que le travail général n'est pas achevé, nous nous contenterons de donner la description des principaux instruments qui ont servi aux missions scientifiques. La Commission du passage de Vénus avait donné à chaque station de premier ordre : un équatorial de 8 pouces et un de 6 pouces; des instruments méridiens; des chronomètres, chronographes, etc. Pour la photographie, un appareil donnant sur plaque d'argent, des images du soleil, de 3 centimètres et demi environ.

M. Janssen, chef de la mission de Yokohama au Japon, et qui observa le passage à Nagasaki, joignit à cet appareil, un équatorial photographique, donnant des images solaires sur verre de 11 à 12 centimètres de diamètre, et un second appareil formant rechange, donnant des images de 10 centimètres environ. Il emportait, en outre, une pendule astronomique de Bréguet, un cercle géodésique de Brunner, etc., et aussi le revolver photographique inventé par lui, destiné à enregistrer les contacts. Cet instrument, adopté par les astronomes anglais, a donné de bonnes épreuves.

M. Janssen appréciait ainsi la valeur du revolver photographique :

« On sait que l'observation des contacts doit jouer un grand rôle dans l'observation du passage de Vénus. Cette observation doit se faire optiquement, et présente des difficultés toutes spéciales. On comprend donc tout l'intérêt qu'il y aurait à obtenir photographiquement ces contacts ; mais les méthodes photographiques ordinaires ne peuvent conduire à ce but, car il faudrait être prévenu de l'instant précis où ce contact va se produire pour prendre la photographie du contact, et c'est la méthode optique, avec les incertitudes qu'elle comporte, qui seule pourrait le donner. J'ai eu la pensée de prendre, au moment où le contact va se produire, une série de photographies à intervalles de temps très-courts et réguliers, de manière que l'image photographique de ce contact soit nécessairement comprise dans la série, et donne en même temps l'instant précis du phénomène. C'est par l'emploi d'un disque tournant que j'ai pu résoudre la question. »

L'appareil est formé essentiellement d'un plateau portant la plaque sensible, plateau placé dans une boîte circulaire qui peut s'adapter au foyer d'une lunette ou de l'appareil qui donne l'image réelle du phénomène à reproduire. Ce plateau est denté et engrène avec un pignon à dents séparées, qui lui communique un mouvement angulaire alternatif de la grandeur de l'image à produire. Devant la boîte et fixé sur le même axe qui porte le plateau, se trouve un disque percé de fentes (dont les ouvertures peuvent se régler) et qui tourne d'un mouvement continu. Chaque fois qu'une fente du disque passe devant celle qui est pratiquée dans le fond de la boîte, une portion égale de la plaque sensible se trouve découverte, et une image se produit. Les mouvements sont réglés pour que la plaque sensible soit au repos quand une fenêtre, par son passage, détermine la production d'une image.

M. Mouchez, chef de l'expédition de l'île Saint-Paul, a eu le bonheur d'observer dans de bonnes conditions, les deux contacts intérieurs, c'est-à-dire les

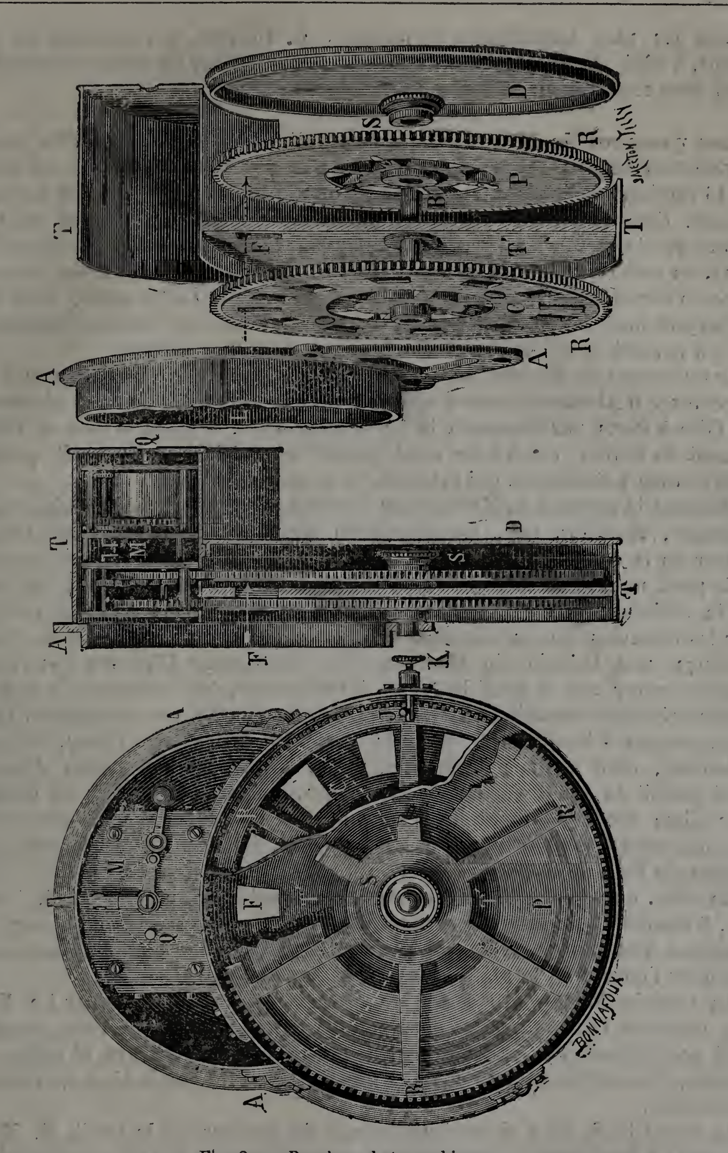


Fig. 2. — Revolver photographique.

R′ R′ plateau denté porte-plaque. Ce plateau est animé d'un mémouvement alternatif, de manière à se trouver au repos au moment de la formation de l'image, ainsi qu'on vient de le dire; P plaque photographique en forme de couronne fixée au plateau. On n'en a figuré que la moitié ; T′ fond de la boîte du révolver. C'est dans ce fond que se trouve pratiquée la fenêtre F placée au foyer de la lunette et par laquelle se forme l'image sur la plaque P ; C obturateur percé de fenêtres. Cet obturateur est animé d'un mouvement continu. Il se produit une image chaque fois qu'une de ses fenêtres passe devant la fenêtre F du fond de la boîte ; K bouton d'arrêt pour la mise en marche ; M organe pour désembrayer et conduire le révolver à la main, si on le désire ; On voit entre autre sur la figure la coupe et le profil de l'appareil, ainsi que les pièces séparées ; A A pièce pour fixer le révolver sur la lunette ; R obturateur à fenêtres ; T′ fond de la boîte de l'instrument ; F fenêtre ; P plateau porteplaque ; D couvercle.

phases les plus importantes du passage. M. Turquet, qui observait en même temps, à côté de M. Mouchez, a obtenu sensiblement les mêmes résultats. On peut donc compter sur la bonté de ces observations.

Les passages de Mercure sur le soleil — Parmi les planètes connues, Mercure est la plus rapprochée du soleil; sa distance moyenne à cet astre est de 15 millions de lieues environ, tandis que la terre en est éloignée de plus du double. Comme Mercure est extrêmement plus petit que le soleil (plus petit même que la terre), il ne peut éclipser qu'une très-faible partie du disque lumineux, en passant entre lui et nous. C'est pourquoi en observant un passage de Mercure sur le soleil, on voit seulement une petite tache noire, bien ronde, s'avançant uniformément pendant les quelques heures que dure ce phénomène; ce qui permet de ne pas le confondre avec les taches solaires.

Ces passages de Mercure sont assez rares; on les observe tous en mai et en novembre. D'Alembert nous a appris que « la première de ces observations fut faite à Paris par Gassendi, le 7 novembre 1631, et selon le vœu et l'avertissement de Kepler; car Kepler avait prédit ce passage et en avait publié un écrit l'année précédente, qui fut celle de sa mort. »

Pendant le passage de Mercure sur le soleil, en 1779, d'habiles observateurs, Schræter, Harding, etc., aperçurent un petit point lumineux sur le disque obscur de la planète; on prit ce point pour un indice de volcans en ignition.

Ce petit monde de Mercure s'est permis, comme dit Babinet, de donner de la tablature aux astronomes et aux mathématiciens qui ont voulu établir les formules de sa marche. « Lalande, le fameux astronome français, annonça une théorie de Mercure. Il a prédit pour 1779 que l'on verrait la planète entrer sur le soleil le 7 mai, à telle heure, telle minute. Un nombreux public privilégié envahit l'Observatoire. Pas de planète, pas de passage. La foule désappointée s'écoule. Or, dans la cour de l'hôtel de Cluny, le modeste Delambre, était resté à la lunette. Enfin, après plusieurs quarts d'heure, le rond parfait du soleil s'échancra d'un petit point noir à l'orient; un petit rond noir glissa silencieusement sur le fond brillant de l'astre, et après une traversée de plusieurs heures, sortit par le bord opposé, laissant Delambre seul en possession du fruit de sa persévérance. »

En 1868, un passage de Mercure sur le soleil eut lieu; au temps civil, 5 novembre, 5 heures 33 minutes 59 secondes, du matin, correspondait le temps astronomique, 4 novembre, 17 heures 33 minutes 59 secondes. C'était le moment indiqué pour l'entrée de la planète sur le disque du soleil.

La théorie de Mercure a été singulièrement perfectionnée par Le Verrier. Les résultats fournis par les observations de ce passage de 1868, montrèrent qu'il ne s'agissait plus de différences de plusieurs quarts d'heure, ni même d'une minute, entre l'heure annoncée et l'heure observée, mais bien de différences insensibles.

Le 6 mai 1878, on a observé un passage de Mercure sur le soleil. M. Mouchez observait à Montsouris, et malgré un temps déplorable, il a pu prendre quelques mesures et quelques heures assez exactes.

A l'Observatoire de Toulouse, M. Perrotin a pu voir Mercure, pour la première fois, à 3 heures 17 minutes 32 secondes, temps moyen de cette ville. Le disque solaire était déjà sensiblement entamé. A ce moment le ciel se couvrit; le verre noir étant enlevé, le second contact peut être observé, à travers les nuages, d'une manière assez précise, à 3 heures 19 minutes 52 secondes. On remarquait, autour de la planète, une sorte d'auréole obscure, ressemblant à une pénocubre ; le même phénomène fut constaté à trois reprises différentes, toujours sans verre noir, quand l'épaisseur des nuages était suffisante pour ne

laisser passer la lumière qu'en petite quantité. Cette auréole disparaissait lorsque la lumière devenait trop vive. Plus tard, vers 4 heures 30 minutes; on observa Mercure à l'équatorial de Secretan, à la faveur d'une belle éclaircie, et on ne vit pas l'auréole.

Une Commission scientifique, composée de MM. André et Angot, assistés de M. Halt, a été envoyée par le Gouvernement, dans le pays des Mormons, pour observer le phénomène des passages de Mercure. Le 6 mai, jour de l'observation, à 6 heures du matin, la neige tombait et le ciel était entièrement couvert. Les premiers contacts n'ont pu être vus, à 7 heures du matin, qu'à travers des éclaircies et imparfaitement. Le soleil est ensuite resté caché pendant plusieurs heures. Mais à partir de midi, on a pu commencer à prendre des photographies. Jusqu'à une heure, on obtint seulement trois clichés, mais de ce moment jusqu'à 3 heures 20 minutes, on a pris 75 autres clichés, les deux derniers contacts ont été observés de la manière la plus satisfaisante, à 3 heures 15 minutes 26 secondes, et à 3 heures 18 minutes 34 secondes. Ces observations s'occordent merveilleusement avec la théorie de Le Verrier.

Le même passage à été observé aux États-Unis, par le professeur Henry Draper, assisté par le professeur Barker. Le premier contact aurait eu lieu 30 secondes avant l'heure prédite, vers 10 heures 5 minutes 29 secondes, temps moyen de Washington, 20 photographies ont été prises. L'observation finale a commencé à 5 heures 30 minutes; elle avait pour but d'obtenir avec certitude les deux derniers contacts. La planète n'a pas été vue avant le premier contact projeté sur l'enveloppe coronale du soleil ; on n'a pas vu d'atmosphère autour de la planète, ni de points lumineux sur son disque, ni d'apparences de montagnes. Outre les observations faites à l'Observatoire d'*Hastings on the Hudson*, il en a été fait à celui du collége *Colombia*, à celui de M. Rutherford, dans la maison de l'*Evening-Post*, à *Princetown*, à *Utina*, à *West-Point*, à *Pongkecpsie*, à *Amherst*, à *Hanover*, à *Lewiatton*, à *Washington*, à *Boston*, à *Ogden-Ulah*, à *Baltimore*, et à *Philadelphie*.

Planètes intra-mercurielles. — Le 22 décembre 1859, M. Leverrier reçut une lettre de M. Lescarbault, résidant à Orgères (Eure-et-Loire), annonçant qu'il venait de découvrir une nouvelle planète plus rapprochée du soleil que Mercure. Cette découverte remontait au 26 mars précédent. M. Le Verrier alla trouver M. Lescarbault, et les renseignements qu'il en obtint le convainquirent de la réalité de cette observation. Mais depuis, personne ne revit la planète, appelée Vulcain, par anticipation. Cette trouvaille concordait avec les calculs de l'illustre directeur de l'Observatoire de Paris; ces calculs établissaient que pour expliquer convenablement le mouvement de Mercure, il fallait supposer un ou plusieurs astres circulant autour du soleil, à une distance moindre que cette dernière planète.

Les prévisions de Le Verrier parurent se réaliser en 1876, car une lettre de M. Wolf annonçait une observation analogue à celle d'Orgères, faite en Allemagne et à Athènes.

M. Le Verrier se livra alors à des recherches sérieuses; et, au nombre des vingt ou trente observations relatives à des passages de corps sur le soleil, M. Le Verrier n'en conserva, pour le moment que cinq. Elles s'accordent toutes pour représenter à un demi-degré près, le mouvement d'une planète plus rapprochée du soleil que Mercure. Ces cinq observations sont les suivantes: 12 mars 1849, par Sidebotham; 20 mars 1862, par Lummis; 26 mars 1859, par Lescarbault; 10 octobre 1802, par Fritsch; et 20 octobre 1839, par Decuppis.

La durée de la révolution de la planète répondant à ces cinq observations,

serait de 33 jours 225 dix-millièmes de jour; la distance au soleil serait à peu près la cinquième partie de celle de la Terre au même astre.

Les recherches faites jusqu'à ce jour n'ont amené aucune autre observation d'un corps traversant le disque solaire. On espère toujours que les prévisions de Le Verrier se réaliseront.

Les satellites de la planète Mars. *Anneau d'astéroïdes.* — Bien que Voltaire, dans son Micromégas, supposait deux lunes à la planète Mars les observateurs les plus habiles n'avaient pu, jusqu'ici, en voir une seule.

Eh bien, Mars possède réellement deux satellites: le satellite extérieur a été aperçu pour la première fois, par M. Asaph Hall, de l'Observatoire naval de Washington, dans la nuit du 11 août 1877. Le 16 août, ce satellite a été vu de nouveau, et l'on put constater son mouvement, dans une série d'observations qui n'a pas duré moins de deux heures, pendant lesquelles la planète s'est déplacée de 30 secondes d'arc.

Le satellite intérieur, a aussi été découvert par M. Hall, dans la nuit du 17 août.

Le 18 août, ces découvertes ont été télégraphiées à MM. Alvan Clark et fils, à Cambridge (Massachusetts), afin qu'ils pussent, si le ciel était couvert à Washington, vérifier l'existence de ces satellites avec la lunette de 26 pouces d'ouverture de M. Mac Cormick, alors entre leurs mains. Cette découverte a été confirmée par M. Pickering et les assistants, à Cambridge, et par MM. Clark à Cambridge port. Le 19 août, la découverte était communiquée à la Smithtonian institution, qui en faisait part aux Observatoires d'Amérique et d'Europe.

M. Ch. Lamey a transmis des observations tendant à faire admettre l'existence d'un anneau d'astéroïdes autour de la planète Mars. Il a trouvé dans son registre d'observations astronomiques, aux dates du 24 octobre 1864 et du 3 janvier 1865, la remarque de *lueurs rouges situées de chaque côté du disque* de la planète Mars et correspondant à peu près au plan équatorial. Ces apparences et des considérations d'un autre ordre lui ont fait penser que ces lueurs sont dues à l'existence d'un anneau d'astéroïdes de toutes grandeurs, qui entourerait la planète, et dont l'éclat présenterait une certaine analogie avec l'anneau crêpé de Saturne.

III. — LES COMÈTES.

Quoiqu'on soit généralement revenu des croyances qui rendaient les comètes responsables des calamités publiques, ainsi que de toutes les superstitions astrologiques, il existe encore bon nombre d'agriculteurs qui croient à la réalité des influences cométaires sur la végétation. Cependant, on pourrait aisément d'un seul mot, réduire à néant la valeur de ces préjugés; il suffirait de faire observer qu'il ne se passe pas d'année sans l'apparition d'une ou de plusieurs comètes et que dans les années où les astronomes en observent le plus, au moyen de leurs lunettes, les récoltes n'offrent rien d'exceptionnel. On pourrait ajouter que le peu de matière qui compose une comète, ne saurait avoir une influence quelconque sur la Terre. Ces astres, en effet, sont formés d'une substance extrêmement rare, légère, plus légère que ne l'est le plus léger des gaz qui est l'hydrogène. Quelques milliers de kilogrammes, répartis dans un espace immense, formant un fluide à travers lequel on voit les plus petites étoiles sans altération dans leur éclat, voilà ce qui constitue une comète.

Une comète ne se voit ordinairement qu'une seule fois, lorsque, dans sa

course infiniment longue, elle s'approche assez du soleil pour être visible de la terre. Après son passage au périhélie (point le plus voisin du soleil), la comète continue toujours à s'éloigner de l'astre lumineux, en décrivant une branche de courbe indéfinie, pour aller se perdre dans l'espace ou s'approcher d'autres soleils. Les comètes qui font exception à cette course effrénée sont celles qui reviennent périodiquement, au bout d'un certain temps; elles décrivent des courbes fermées ou ellipses plus ou moins allongées, et ne sont visibles que vers le sommet le plus près du soleil. Ces comètes, dites périodiques, sont peu nombreuses; jusqu'ici, on en compte neuf dont la période a été déterminée exactement. Les durées de leurs révolutions sont comprises entre trois ans et un quart environ et 75 ou 76 ans. Deux comètes, mettent, l'une un peu moins de cinq ans et demi, et l'autre un peu plus de ce temps, pour décrire entièrement leurs trajectoires; trois autres emploient plus de six années et demie pour parcourir leur courbe; la sixième comète périodique fait sa révolution en sept ans et demi à peu près, et la septième met près de quatorze ans pour revenir à son périhélie. La comète d'Encke, par exemple, celle de trois ans et un quart, a déjà fait 16 révolutions depuis sa découverte qui eut lieu en 1818; mais elle a été vue en 1786 et en 1795. Pour les comètes périodiques, leurs apparitions sont régulièrement constatées aux époques calculées d'avance, à moins que le temps ou la clarté du jour ne viennent contrarier les observations, ainsi que cela est déjà arrivé plusieurs fois.

Ainsi, presque toutes les comètes observées ne se revoient plus; elles sont venues nous visiter une fois pour nous dire adieu. Mais, dira-t-on, comment se fait-il que les astronomes, dont la puissance de calcul est proverbiale, ne puissent pas prédire les retours des comètes périodiques après leur première apparition? Nous venons de dire que la route d'une comète est une ligne courbe, ellipse, parabole ou hyperbole. La première de ces trajectoires (ovale des jardiniers) est seule fermée; les deux autres sont formées de branches qui s'éloignent indéfiniment du sommet voisin du soleil et que nous avons appelé le périhélie. Ainsi, on ne peut revoir que les comètes qui décrivent des ellipses. Et parmi ces routes elliptiques décrites par quelques-uns de ces astres vagabonds, il en est qui sont tellement allongées, que des siècles entiers sont employés pour les contourner entièrement. De plus, on ne peut prédire le retour d'une comète qu'après l'avoir observée deux fois à son retour vers le soleil; on peut alors connaître le temps de sa révolution. Celle des comètes périodiques qu'on a revues et dont la périodicité est la plus longue, est celle de Halley, qui emploie 75 ou 76 ans pour revenir nous visiter; sa dernière apparition date de 1835; on ne la reverra donc pas avant l'année 1912.

D'autres comètes qui étaient attendues ne sont pas revenues, au grand désappointement des astronomes; ils ne peuvent guère se retrancher derrière les nuages et objecter l'état peu favorable du ciel, quoiqu'à la rigueur, cette raison soit d'un certain poids. Dans ce nombre d'astres ingrats, insoumis, malicieux, comme on voudra les appeler, se range la comète dite de Charles-Quint, qui parut en 1556, et fit abdiquer ce souverain auquel elle sembla être un sinistre présage. La période de cette comète est d'environ trois cents ans; elle se montra en 1264 avant le mois d'août, et l'on dit qu'elle annonça la mort du pape Urbain IV. Les Chinois la virent en l'année 975. C'est alors, dit Babinet, qu'elle fit manger par les souris, le tyran archevêque de Mayence, dans la Monte-Thurn ou Tours des souris, où il s'était réfugié pour fuir le fléau dirigé contre lui. Cette anecdote est familière à tous ceux qui ont descendu le Rhin et passé près de la ruine en question. Le retour de cet astre curieux avait été annoncé pour 1858, mais on ne le vit pas; on fixa de nouveau la date de son apparition au mois d'août 1860; la comète ne vint pas; c'était cependant l'ex-

trême limite du délai qu'on lui avait donné. D'ailleurs il faut complétement y renoncer, car elle s'est obstinée à ne pas reparaître les années suivantes.

La grande comète de 1811 ne viendra pas de sitôt, car il lui faut trois mille soixante-cinq ans (3065) pour accomplir sa révolution. Il existe même une comète qui ne peut revenir que tous les cent-deux mille cinquante ans (102,050); c'est celle de Mauvais, vue en 1844. Maintenant veut-on savoir ce que l'on pensait généralement des comètes, il y a deux siècles, lorsque les grandes découvertes faites en astronomie changèrent la face de cette science? on en aura une idée en lisant les extraits de quelques lettres écrites par des observateurs de cette époque. « Les lettres de Gênes, de Cologne, de Soleure, de Genève et » autres lieux parlent toutes de l'apparition de la comète (2 janvier 1665), qui » a fait à Paris pendant un mois en 1874 l'occupation des spéculatifs et l'ap» préhension des peuples. On a fait un imprimé à Lyon sur cet astre, dans » lequel on assure que la situation de ce phénomène étant au-dessus de la » lune, et sa matière tirée du soleil, il se doit résoudre, dans la même région, » sans passer jusqu'à nous. Les avis de Madrid disent que la comète présage » des maladies dans le royaume d'Espagne, sur laquelle un autre espagnol a » fait remarquer que l'apparition d'une semblable, en 1580, fut suivie de la » mort d'une reine d'Espagne. Une autre qui se fit voir en 1618, présagea la » mort du pape, de l'empereur et du roi d'Espagne. »

Voici encore ce que l'on disait à Rome et à Paris du même astre: « Les lettres » de Rome disent que la terre s'y est ouverte aux environs de cette ville, de la » grandeur de 800 pieds en longueur sur 200 pieds de largeur, par où est sorti » grande quantité de cendres et de feu. Plusieurs autres prodiges y sont arri» vés; entre autres, un homme apparut à un berger, lui dit de prendre ce qui » lui plairait, d'aller dire à son maître de lui envoyer le meilleur troupeau ; et » ce maître, voyant la parole revenue à ce muet, fut tout ravi... L'homme dit » que les comètes ci-devant apparues dans ces lieux n'étaient autres marques » que grandes famines et pestes qui devaient arriver bientôt, et ensuite il dis» parut. »

A la date du 24 avril 1665, on écrivait de Paris:

« Dans ce pays-ci paraît encore une nouvelle comète, bien plus grande et » plus rouge que ne l'ont été les précédentes, avec divers autres prodiges. Ce » qui fait croire à quelques-uns que la fin du monde approche; sur quoi on a » fait un quatrain, qu'on veut faire passer pour une vieille centurie de Nostra» damus. Mais toujours est-il bien certain que l'ire (la colère) de Dieu se fait » voir dans diverses sortes de signes, dont le plus grand est l'injustice qui règne » par tout l'univers. »

Enfin, nous terminerons ces citations par un passage des plus curieux, contenu dans une lettre datée du mois de décembre 1664: « ..... Tout le monde » disait, comme une affaire notoire, que la comète n'est qu'un mauvais augure » et ne présage que des pestes, des guerres, des famines, des stérilités, en un » mot beaucoup de maux. Mais si, au contraire, on dit que cette comète pro» met une grande fertilité, des richesses immenses, une corne d'abondance, » une pluie de ducats, une grêle de roses nobles, une glace de diamants, un » vent d'ambre gris, un siècle d'or et un paradis terrestre, je crois que l'un est » plus difficile à démontrer que l'autre..... » Cela démontre évidemment que les sciences n'ont seulement pas profité à l'amélioration matérielle des conditions de la vie, mais encore au développement intellectuel et moral de l'homme.

A l'égard de la constitution physique des comètes et des aspects tout particuliers qu'elles présentent, on est parvenu à suivre les transformations qu'elles éprouvent pendant la durée de leur apparition. Ainsi, par exemple, la belle comète de Donati, qui parut en 1858, avait une chevelure en forme de chaî-

nette; son noyau augmentait d'éclat avant de fournir de nouveaux aliments aux enveloppes de la tête. « La forme de la colonne de fumée, dit M. Faye, et des » couches de cendres étagées comme les branches d'un pin immense, présen- » tent quelque analogie avec l'émission antérieure et les couches de la tête. » Mais les différences avec les éruptions volcaniques sont encore plus saillantes » que les analogies, car dans les phénomènes volcaniques les forces en jeu » sont exclusivement propres au noyau terrestre, tandis que dans les phéno- » mènes cométaires l'attraction solaire lutte contre celle du noyau pour y » déterminer en deux points la rupture de ses couches de niveau; et la répul- » sion solaire, autre force extérieure, exerce sur tout le reste du phénomène » une influence prépondérante; enfin les branches du pin cométaire ne sont » pas, comme les cendres d'un volcan, tenues en suspension momentanées par » une atmosphère, mais par le jeu de deux forces opposées. » Ces émissions ont lieu en deux points opposés, quand le noyau décrit la portion de la trajectoire la plus voisine du soleil. L'émission nucéale brillante, tournée vers le soleil, a la forme d'un calice; l'autre, opposée à la première, est conoïde, son intérieur est obscur et s'étend dans presque toute la longueur de la queue.

La force répulsive dont il vient d'être question, rejette en arrière la partie cométaire qui forme la queue; voilà pourquoi celle-ci est à peu près opposée à la direction du soleil.

On n'est pas encore fixé sur la question de savoir si les comètes ont une lumière qui leur est propre indépendammment de celles qu'elles empruntent au soleil pour la réfléchir, ainsi que font toutes les planètes de notre système solaire. Une comète, celle de Biéla, dont la période est de six ans trois quarts a présenté le phénomène singulier d'un dédoublement; on l'a revue sous la forme de deux astres circulant côte à côte. Cependant cet astre, ou plutôt ces astres, semblent nous avoir abandonnés; ils ont manqué au rendez-vous de 1866 et de 1872. On a établi une parenté entre certaines comètes et des essains d'étoiles filantes. Une comète découverte par M. Tempel en décembre 1865, et qui aurait une période de 33 ans, serait identifiée aux étoiles filantes du 14 novembre. Mais ces nouvelles vues méritent un examen approfondi que nous ne pouvons pas entreprendre ici en ce moment.

Malgré les progrès de l'astronomie, l'étude des comètes est loin d'être complète; elle ne répond pas aux exigences de la science du jour. Les particularités que présentent leurs queues sont la cause des divergences qui se produisent dans l'opinion des astronomes sur la nature de ces astres encore mystérieux. C'est pour éclaircir les points restés en litige, que M. Faye fit plusieurs communications, sans forme de discussions et qui ont vivement intéressé les personnes qui ont pu les entendre. Nous allons tâcher de résumer aussi clairement qu'il nous sera possible, la théorie de l'éminent astronome.

Le président de l'association britannique, Sir William Thompson, a émis l'hypothèse (soutenue par d'autres savants) que les comètes seraient formées par des groupes météoriques, et qu'ainsi on rendrait compte de la lumière émise par leurs noyaux et de la formation de leurs queues. Cette branche de l'astronomie n'est cependant pas restée à l'état informe. Sir W. Thompson s'est appuyé sur l'opinion de J. Herschell, lequel disait qu'il y a sans doute quelque profond secret caché se rattachant à un phénomène de l'apparition des comètes et de leurs retours. Peut-être pourra-t-on un jour pénétrer ce mystère et savoir si c'est réellement de la matière qui est projetée par ces astres avec une vitesse extraordinaire.

Sous aucun rapport, la matérialité de la queue d'une comète ne soulève autant de difficultés qu'en considérant ce que l'astre balaie, en dépit des lois de la gravitation. Mais il est impossible de conserver la pensée précédente, en pré-

sence de deux siècles de travaux. Newton lui-même, voulait expliquer ces doutes si étranges. Quand il s'agit de planètes, le problème de leurs révolutions et de leurs apparences est résolu mathématiquement. Pour les comètes, la question change complétement. On se trouve en présence de deux forces qui sont en jeu et dont l'existence est facile à constater. Pendant que la comète obéit à l'attraction du soleil, en gravitant vers lui, il se passe un phénomène tout différent; c'est celui de la formation des queues produites par des matières toutes différentes de celles qui composent le noyau. Tandis que la matière constituant la queue marche ou s'avance à l'opposite du soleil, on voit la matière du noyau aller du côté du soleil, avec une vitesse d'abord insignifiante (quelques mètres par seconde); mais bientôt cette matière est comme saisie par une force énergique qui la repousse en arrière. Alors la vitesse s'élève à quelques centaines de lieues par seconde. C'est là que réside la partie capitale du phénomène. A l'époque où l'attraction, quoique connue, n'était pas encore identifiée avec la pesanteur, Newton prévoyait déjà qu'on pourrait rattacher à cette force les moindres circonstances du mouvement des astres. Si la nature de la force était inconnue, l'hypothèse était toute prête, mais il lui fallait la vérification de l'expérience. On sait que la première tentative de Newton échoua; la deuxième réussit, grâce aux expériences du pendule exécuté à l'Observatoire de Paris, ainsi qu'à la mesure de la terre, faites par Picard. En admettant que ces données eussent manqué, les critiques se fussent donné carrière, les géomètres n'auraient pas suivi la nouvelle théorie avec confiance, mais l'expérience aurait fini par la conserver. Eh bien! la théorie des comètes en est là. Néanmoins, on a constaté que les queues cométaires sont rejetées en arrière par une force répulsive émanée du soleil; la queue est une émission continuelle, et les phénomènes les plus compliqués qu'elles présentent se rattachent à cette force. Seulement, la nature de la force solaire n'est pes connue. L'expérience a été favorable à l'explication donnée par M. Faye, mais sans être décisive. Cette force prendrait le nom de *répulsion des surfaces incandescentes*.

En quelques années la théorie de l'attraction a pris une forme définitive et constitue la mécanique céleste qui doit tout aux géomètres français. L'autre théorie s'est traînée dans l'oubli et a besoin maintenant d'un avocat pour plaider sa cause. Peut-être les nébuleuses et les amas d'étoiles, réalisent-ils un état de choses où la deuxième force aurait la prépondérance? Pour nous en tenir à notre monde, si les forces qui les régissent disparaissaient, on arriverait à un état incompatible avec l'existence telle que nous la voyons. Newton croyait à une force unique et disait à la fin de son livre des principes : *Et satis est quod gravitas revera existat, et agat secundum leges a nobis expositas, et ad corporum cœlestium et maris nostri motus omnes sufficiat.*

Le mauvais sort qui, dès l'origine, a pesé sur les comètes, vient de là. Newton a tout fait pour écarter la force qui le gênait; il n'en a voulu qu'une, et il est allé jusqu'à faire une hypothèse impossible, sans se donner la peine de la vérifier, lui qui fit précisément tout le contraire pour l'attraction, car il voulut que l'observation vint la sanctionner. La formule de l'attraction n'est pas généralement donnée dans son énoncé complet, car Newton l'admettait, pourvu que l'espace fut pourvu d'une matière rare, opposant au mouvement des astres, une résistance négligeable, mais ayant une influence sensible sur la matière cométaire. Il avait observé, avec des télescopes construits par lui, la grande comète de 1668. Il avait vu sa matière monter dans le ciel, contrairement à l'action attractive du soleil. Il avait trouvé 25 millions de mètres comme représentant la marche des molécules émises par cette comète. De deux choses l'une : ou la répulsion observée est réelle, ou elle est apparente. Dans le premier cas, quel droit représenter l'attraction comme force unique? Il fallait donc admettre

la deuxième hypothèse, et alors elle n'est pas bien difficile à supposer si la répulsion est réelle. C'est ce qui a lieu à l'égard d'un corps qui monte dans l'air : il semble être repoussé, quand son ascension n'est qu'un effort de la pesanteur dû à une différence de densité. C'est pourquoi Newton a voulu une atmosphère très-étendue autour du soleil, atmosphère dont les couches étaient d'autant plus lourdes qu'elles étaient plus rapprochées de la surface de cet astre. La matière cométaire s'élevait comme la fumée dans l'air. Newton comprit néanmoins qu'il faisait un grand sacrifice à l'unité de force. Il en tira une conclusion bien remarquable : l'accélération produite sur les noyaux des comètes par la résistance de l'éther. Aussi, Encke trouve-t-il dans le livre de Newton l'explication de l'accélération de sa comète. Laplace fit une remarque capitale qui montrait l'absurdité de l'atmosphère telle que Newton la supposait. Pour qu'elle existât, il faudrait que le soleil ne tournât pas; mais alors le système planétaire n'existerait pas.

Tant que les phénomènes considérés n'exigent pas qu'on se prononce entre une répulsion réelle et une répulsion apparente, la théorie exposée par Newton est parfaitement vraie, et sa seule lecture aurait dû dissiper les doutes qui ont été émis. Mais quand il a fallu opter entre la répulsion réelle et l'apparente, on a été obligé de reconnaître que Newton avait commis une erreur qui a influé pendant longtemps sur les progrès de l'astronomie. C'est pour cela qu'aujourd'hui encore nous en sommes réduits à démêler péniblement cette force d'avec les hypothèses au milieu desquelles elle est placée. Quant à ses propres travaux M. Faye ne doute pas de l'existence d'une force répulsive, mais il se demande quels en sont les caractères et la nature.

Olbers avait parlé d'électricité et de force polaire. Cela ne parut pas satisfaisant à M. Faye. Il a cherché si la force répulsive ne pouvait pas expliquer l'accélération cométaire. L'analyse disait qu'il suffisait pour cela que cette force ne fut pas instantanée, qu'elle se produisît successivement. Cherchant de même les autres caractères de cette force dans la figure des comètes, il est arrivé à les formuler ainsi : Le soleil exerce sur les corps, à travers les espaces célestes, une action répulsive, variant en raison des surfaces. Cette force peut être interceptée à travers les masses; sa production n'est pas instantanée et n'est pas indépendante. En ce qui concerne la nature et le nom donné à cette force, il a fallu une hypothèse, absolument comme pour l'attraction. Notre guide dans les études scientifiques provient d'une seule idée, c'est que les forces célestes sont de même nature que les forces physiques qui agissent sur notre terre. Notre contrôle se trouve être la vérification expérimentale. La répulsion solaire a été attribuée à l'état incandescent de la surface de l'astre lumineux. Pour la vérification, il fallait faire agir sur l'air très-raréfié une surface métallique incandescente, et rendre visible l'air très-raréfié de nos machines pneumatiques, au moyen de la bobine d'induction.

Dans cette circonstance, la répulsion s'est manifestée de suite. Un doute subsiste encore mais ce qui a été vérifié, c'est l'espèce de la force et non ses caractères généraux. Nul doute que la théorie cométaire, basée sur de longs travaux, ne reste inébranlable. Mais quand la nature de la force sera dévoilée, et il faut entendre par là son assimilation à des principes connus, les hésitations cesseront, et la théorie offrira les puissantes ressources de l'analyse.

IV. — LE SOLEIL, SA CONSTITUTION PHYSIQUE

Origine du soleil. — C'est par l'observation des phénoménes produits à la surface du soleil que l'on est parvenu à faire des hypothèses sur sa constitution. Cet astre est rangé parmi les étoiles variables, ainsi nommées à cause des changements qui surviennent dans l'intensité de la lumière qu'elles émettent.

M. Faye considère trois phases dans le refroidissement d'une masse fluide isolée dans l'espace, animée d'un mouvement de rotation, et portée à une température bien supérieure aux forces qui déterminent l'agrégation ou l'association des molécules et des atomes constituants des corps.

1° La phase de complète dissociation, où les éléments de la matière sont séparés; elle correspond aux nébuleuses planétaires, dans lesquelles la chaleur va en décroissant du centre à la périphérie.

2° Refroidissement des couches externes au point où le jeu de certaines affinités moléculaires devient possible. Formation d'une photosphère déterminant les contours apparents de la masse. La lumière émise vient d'une profondeur considérable de la photosphére. L'énorme flux de chaleur est entretenu aux dépenses de la masse entière par l'effet des courants ascendants et descendants.

3° Lorsque par les progrès du refroidssement les courants verticaux commencent à se ralentir, la photosphère, devenue très-épaisse, prend à la surface une consistance liquide ou pâteuse et finalement solide. Alors la communication avec la masse centrale est interceptée; le refroidissement de la croûte liquide ou solide fait des progrès rapides à la superficie; la rotation se régularise. Puis enfin viennent les phénomènes de l'extinction définitive. C'est la phase géologique.

Ce tableau, ajoute M. Faye, ne serait-il pas la première ébauche, encore bien grossière sans doute, d'une réponse rationnelle à cette question : *qu'est-ce que le soleil*, ou plus généralement; *qu'est-ce qu'une étoile*? La période de liquidité (3e phase) est purement transitoire: elle ne saurait avoir une longue durée; tandis que la deuxiéme phase, pendant laquelle presque toute la masse contribue à l'émission de lumière et de chaleur qui s'effectue par la photosphère, peut durer des millions d'années, si la masse est considérable, comme celle de notre soleil. Il paraît donc physiquement impossible que les étoiles, eussent-elles été formées au même instant, soient aujourd'hui parvenues toutes à la fois à cette période très-particulière de liquidité, si voisine de l'extinction définitive. Dieu merci, la création entière n'est pas menacée d'une fin si prochaine.

Quand il s'agit du soleil, il faut expliquer la formation de ses taches, y compris les pénombres et les facules, ainsi que la nature de sa rotation, puis voir comment s'effectue l'émission considérable de chaleur et de lumière partant de cet astre pour rayonner dans toutes les directions.

Plusieurs hypothèses ont été faites, mais celle de M. Faye semble répondre aux nouvelles exigences théoriques issues de l'observation attentive des phénomènes solaires. D'après cette hypothèse, le soleil serait une masse fluide soumise à une température très-élevée. Les diverses substances entrant dans la composition de l'astre lumineux seraient séparées ou non combinées; en vertu de l'influence exercée par leur chaleur excessive, leur combinaison ne peut s'effectuer que par un abaissement notable de leur température.

Mais cet abaissement se produit à la surface de l'astre; c'est donc sur cette surface que les composés chimiques peuvent se former et donner naissance à des matières solides éparses dans la masse superficielle, à l'état de poussières plus ou moins tenues. La présence de ces matières pulvérulentes serait la cause

de la lumière excessivement vive de la photosphère ; car on sait qu'une flamme qui dégage beaucoup de chaleur, ne donne une lumière éclatante qu'à la condition de renfermer dans son intérieur des particules solides en quantité suffisante. Ces matières solides s'enfonceraient progressivement dans l'intérieur du soleil, leur densité étant plus grande que celle des gaz au milieu desquels elles restent en suspension. Mais arrivées à une certaine profondeur, ces substances solides trouvant une température trop haute pour laisser leurs éléments combinés, se décomposeraient (se dissocieraient) en reproduisant les gaz primitifs. On voit ainsi qu'il y aurait des courants descendants, ceux-ci détermineraient la production de courants ascendants, dont l'effet serait de rapprocher les matières intérieures de celles situées à la surface. La masse tout entière concourrait donc à l'énorme production de lumière et de chaleur qui s'en échappe. La formation des taches trouverait son explication naturelle dans les éclaircies, interstices ou déchirures formées au sein des nuages lumineux de la photosphère.

Ayant examiné minutieusement les observations des taches solaires faites par les plus habiles observateurs. M. Faye a déduit de leurs mouvements plusieurs conséquences importantes, parmi lesquelles se trouvent la recherche de la profondeur au-dessous de la photosphère et le ralentissement de la rotation de celle-ci, à mesure qu'on avance sur des parallèles plus éloignés de l'équateur solaire.

M. Janssen a reconnu que la couche lumineuse ou photosphère est enveloppée d'une première atmosphère incandescente d'hydrogène (chromosphère), atmosphère basse, tourmentée, où se produisent fréquemment des injections de vapeurs métalliques, provenant du corps solaire. Cette première atmosphère hydrogénée est surmontée d'une autre enveloppe contenant également l'hydrogène, mais à un degré de rareté excessive, enveloppe qui s'étend à des distances énormes du soleil. C'est elle qui, dans les éclipses totales produit la plus grande partie de cette auréole de lumière qui donne tant de splendeur à ce beau phénomène. Les émissions gazeuses qui partent du noyau pour franchir la photosphère et les atmosphères hydrogénées, s'élèvent à des hauteurs qui vont jusqu'à 30 mille lieues ; ce sont les protubérances. Ces mouvements s'exécutent souvent avec une rapidité énorme, en moins de temps qu'il n'en faut pour les décrire. Notre terre serait juste assez grosse pour figurer une pierre rejetée par ces éruptions solaires.

M. Henry Draper a fait voir, l'année dernière, que l'oxygène existe dans le soleil. Nous verrons bientôt comment il y est parvenu.

En général, *un soleil* est « une masse excessivement chaude, formée de gaz permanents, et surtout de vapeurs susceptibles de condensation, animée enfin d'un mouvement de rotation. Placez cette sphère médiocrement lumineuse dans l'espace, et aussitôt que le refroidissement aura suffisamment abaissé la température de la couche externe, elle s'entourera d'une photosphère éblouissante, alimentée par un système de courants forcés, descendants et ascendants ; la masse entière participera, malgré le peu de conductibilité des gaz, à cette émission abondante, et le phénomène durera avec une intensité soutenue jusqu'à ce que la contraction progressive de la masse entière ait aboli les courants et supprimé la photosphère. Cette théorie est tout simplement la suite de la magnifique synthèse où Laplace a rattaché la formation des planètes à la contraction successive, par voie de refroidissement, d'un amas de matière nébuleuse animée d'un mouvement de rotation, et s'étendant à l'origine au delà des régions où circulent aujourd'hui ses satellites. Il a dû arriver un moment où la partie centrale de cet amas gigantesque a passé de la phase nébuleuse à la phase solaire, et il arrivera un moment où son évolution aboutira à la

phase finale, celle de l'extinction. Un soleil liquide s'encroûterait bien vite. Un soleil froid avec une enceinte lumineuse, ne suffirait pas un jour entier à son énorme radiation. »

Les protubérances solaires. La couronne ou auréole. — Au mois de juillet 1842, Arago observa une éclipse totale du soleil; la notice qu'il publia à ce sujet signale à l'attention des astronomes des appendices lumineux, les protubérances qui se manifestèrent autour du limbe obscur de la lune, au moment de la totalité de l'éclipse.

On savait depuis longtemps, dit M. Faye, par les éclipses totales, que le soleil ne finit pas brusquement à la photosphère. Les éclipses en nous montrant le limbe du soleil entouré d'une pâle auréole à rayons diversement contournés, et garni tout autour de protubérances rosées, qu'on avait prises tout d'abord pour des montagnes, puis pour des nuages, avaient inspiré le vif désir de trouver le moyen de suivre tous les jours ces phénomènes mystérieux.

C'est ce résultat que M. Janssen a obtenu, après avoir observé à Gündoor, dans l'Inde anglaise, l'éclipse totale de soleil, du 18 août 1868.

Pendant l'obscurité totale, il fut frappé du vif éclat des raies protubérantielles. La pensée lui vint aussitôt qu'il serait possible de les voir en dehors des éclipses.

Le lendemain 19, le soleil se leva très-beau. Par le moyen du chercheur de sa grande lunette, il plaça la fente du spectroscope sur le bord du disque solaire, dans les régions mêmes où, la veille, il avait observé les protubérances lumineuses. Cette fente placée en partie sur le disque solaire et en partie en dehors donnait, par conséquent, deux spectres, celui du soleil et celui de la région protubérantielle. L'éclat du spectre solaire était une grande difficulté ; M. Janssen la tourna en masquant dans le spectre solaire le jaune, le vert et le bleu, les portions les plus brillantes. Il était depuis peu de temps à étudier la région protubérantielle du bord occidental, quand il aperçut tout à coup une petite raie rouge, brillante, formant le prolongement rigoureux de la raie obscure C du spectre solaire. En faisant mouvoir la fente du spectroscope de manière à balayer méthodiquement la région qu'il explorait, cette ligne persistait, mais elle se modifiait dans sa longueur et dans l'éclat de ses diverses parties, accusant ainsi une grande variabilité dans la hauteur et dans le pouvoir lumineux des diverses régions de la protubérance. Dans l'après-midi, les lignes brillantes se montrèrent de nouveau, mais elles accusaient de grands changements dans la distribution de la matière protubérantielle. Les jours suivants, la nouvelle méthode fut appliquée toutes les fois que l'état du ciel le permettait, et c'est ainsi que la science acquit le moyen d'observer les protubérances en tout temps.

Considérée dans son principe, dit M. Janssen, la nouvelle méthode repose sur la différence des propriétés spectrales de la lumière des protubérances et de la photosphère. Les raies des protubérances sont perçues très-facilement dans un champ spectral, sous le spectre solaire, tandis que les images directes des protubérances sont comme écrasées par la lumière éblouissante de la photosphère.

Une circonstance fort heureuse se présente ici : les raies lumineuses des protubérances correspondent à des raies obscures du spectre solaire. Il en résulte que non-seulement on les aperçoit plus facilement dans le champ spectral sur les bords du spectre solaire, mais qu'il est même possible de les voir dans l'intérieur de ce spectre et, par conséquent, de suivre la trace des protubérances sur le globe solaire même. M. Janssen conclut dès lors : 1° Que les protubérances lumineuses appartiennent aux régions circumsolaires ; 2° que ces corps sont formés

d'hydrogène incandescent, et que ce gaz y prédomine s'il n'en forme pas la composition exclusive; 3° que ces corps circumsolaires sont le siège de mouvements dont aucun phénomène terrestre ne peut donner une idée. Des amas de matière dont le volume est plusieurs centaines de fois plus grand que celui de la terre, se déplacent et changent complétement de forme, dans l'espace de quelques minutes.

Le procédé de M. Janssen fut légèrement modifié par MM. Huggins et Zœllner. Il suffit d'élargir un peu la fente du spectroscope pour rendre aussitôt visible la protubérance entière.

L'atmosphère hydrogénée, la chromosphère, forme autour de la photosphère une mince couche de 8 secondes d'épaisseur. Les prétendus nuages sont des effusions immenses d'hydrogène incandescent, qui s'élèvent par dessus cette couche à des hauteurs fabuleuses, de 10,000, de 20,000, parfois de 50,000 lieues, plus de 15 diamètres de notre globe. Ces énormes flammes se forment en peu d'heures; elles jaillissent, s'élèvent, se déforment avec une rapidité inconcevable. La variété de leurs formes n'est pas moins étrange. Le P. Secchi a essayé de les classer, mais en vain. On dirait une éruption comme celle des volcans, avec flammes ascendantes, formant un vaste nuage. Puis l'éruption cesse, la colonne se retire, et le nuage reste encore suspendu dans les airs. Mais ce n'est là qu'un des mille aspects de ces flammes solaires.

En suivant le spectre de ces protubérances, on s'aperçoit aisément qu'elle ne sortent pas de la chromosphère, mais bien de la photosphère, car elle entraînent ordinairement avec elles les traces de ces mêmes vapeurs métalliques qui ont formé, par leur condensation, la surface brillante du soleil. Ces vapeurs injectées dans la couche rosée, suivent souvent l'hydrogène à une hauteur encore plus grande. Mais les éruptions hydrogénées ne sont pas toujours également riches en vapeurs métalliques, l'abondance de celle-ci est, pour le P. Secchi, un signe d'activité particulière qui se rencontre surtout autour des grandes taches et en fait même pressentir l'arrivée. La chromosphère elle-même est partout hérissée de petites langues de feu verticales ou diversement inclinées, en sorte que le phénomène éruptif semble être en général sur toute la surface du soleil. Les protubérances n'en sont que l'exagération toute locale.

M. Faye fait observer ici, que le mot *éruptif* comporte un sens précis, au sujet duquel il importe de faire de promptes réserves. Tous les observateurs ont constaté que les protubérances ne sortent pas des taches; elles jaillissent des environs, des facules qui bordent celles-ci. Les protubérances rosées n'ont donc pas avec elles, de rapport direct. D'ailleurs, on voit fréquemment des protubérances dans les régions où jamais on n'a aperçu de taches.

Sauf aux époques de grande activité, les protubérances ne se montrent pas aux pôles, ni sur les deux calottes polaires, s'étendant à 20 degrés tout autour de ces points. Leur domaine va du cercle de 70 degrés de latitude australe au cercle de 70 degrés de latitude boréale, avec un maximum de 20 à 40 degrés sur chaque hémisphère. M. Respighi a encore établi que les protubérances les plus belles se voient le plus souvent dans le voisinage des taches, au-dessus des facules dont ces taches sont bordées, mais jamais sur les noyaux mêmes des taches. Au-dessus des taches et surtout au-dessus de leurs noyaux, la chromosphère est sensiblement déprimée.

Ces effluves puissantes d'hydrogène qui jaillissent, non pas seulement des bords, mais de toutes les régions de la surface solaire, s'élèvent dans un milieu bien plus rare encore que la chromosphère; mais elles n'y restent pas. Refroidies par leur ascension, elles retombent peu à peu sous l'influence de la gravité. Il s'agit ici d'un simple déplacement de matériaux, car la chromosphère conserve son épaisseur, elle ne s'accroît pas. Pour faire rentrer l'hydrogène dans

les couches intérieures, plus denses que la chromosphère, il faut une force mécanique, dit M. Faye, et celle-ci ne peut-être empruntée qu'à la rotation. Les taches sont remplies de gaz hydrogène et de vapeurs bien plus froides que les couches profondes du soleil, bien plus denses que celles de la chromosphère.

Ces masses d'hydrogène refroidies et mêlées de vapeurs ordinaires ne peuvent venir que de la froide chromosphère,

Il n'y a que les inégalités de vitesse superficielle dues à la rotation toute spéciale de la chromosphère, qui présentent une force disponible, dispercée, il est vrai, sur un grand espace, mais susceptible d'être ramassée et localisée par des mouvements gyratoires. Ces grands mouvements verticaux, qui ne se bornent pas à déprécier et à trouer la photosphère, mais qui pénétrent à bien des centaines et peut-être même à plus d'un millier de lieues de profondeur, qui revêtent constamment la forme circulaire, persistent pendant des semaines et quelquefois des mois entiers, se déplacent en suivant les courants de la surface, se segmentent à la manière de tourbillons, ne sauraient être eux-mêmes que des cyclones gigantesques exerçant un appel énergique sur les matériaux refroidis de la photoshpère, les conduisant jusque dans les profondeurs, et là les abandonnant après les avoir dispersés latéralement au sein des couche très-chaudes.

Dès lors, cet hydrogène si léger, spécifiquement rendu plus léger encore par le réchauffement qu'il vient de subir, remonte vivement à la surface et jaillit tout autour de la tache jusque dans la chromosphère, entraînant avec lui des vapeurs métalliques portées de nouveau à une haute température. Partout où il ramène ainsi la chaleur des couches inférieures, il réchauffe la photosphère qu'il traverse et donne lieu à la légère augmentation d'éclat qui constitue les facules dont les taches sont bordées.

Les taches, ajoute M. Faye, ne sont pas les seuls phénomènes tourbillonnaires du soleil; les pores jouent exactement le même rôle sur une échelle beaucoup moins grande, mais sur un champ plus vaste. La surface presque entière du soleil en est semée. Ce sont eux qui donnent naissance aux taches en s'élargissant dans les zones favorables, par la régularité de leur rotation, à cêt agrandissement. Ailleurs, ils restent à l état de pores plus ou moins variables, étendant bien au-delà les limites des taches, les phénomènes gyratoires dont la photosphère est le théâtre. Partout où les pores existent en grand nombre, ils fonctionnent comme les plus grandes taches, entraînent une partie des matériaux de la couche rosée et les abandonnent à une certaine profondeur, complétant ainsi la circulation de l'hydrogène.

En résumé, sauf l'enveloppe coronale dont nous allons parler, milieu d'une excessive ténuité sur lequel les éclipses totales doivent seules nous éclairer, le soleil peut être conçu comme une masse continue de vapeurs et de gaz, animée d'un mouvement de rotation et tenant, de son mode même de formation, une température supérieure à toute combinaison chimique. La rotation superficielle de cette masse y détermine tous les phénomènes qu'elle nous présente, depuis la naissance et l'entretien de son éblouissante photosphère aux dépens de sa chaleur interne, jusqu'aux mouvements tourbillonnaires de ses taches et à l'incessante circulation de son hydrogène. C'est son attraction qui maintient notre globe dans son orbite; c'est à ces radiations de chaleur, de lumière et d'énergie chimique, que nous devons la réunion ici-bas, des conditions primordiales de l'existence. Telle est la conclusion de M. Faye.

M. Janssen, envoyé en mission dans l'Inde pour observer l'éclipse totale du soleil du 12 décembre 1871 (temps civil), fut favorisé par un temps magnifique.

Il s'agissait d'observer le spectre de l'auréole, au moment de la totalité de l'éclipse, c'est-à-dire d'un objet très-peu lumineux. M. Janssen avait fait construire un instrument capable de donner une grande lumière, en sacrifiant toutes les autres qualités optiques. Cet instrument est un télescope ayant à peu près *quatre* fois son ouverture pour distance focale. Or, une lunette astronomique ordinaire a, en général, seize fois son ouverture pour distance focale; elle est donc quatre fois plus longue et seize fois moins lumineuse que le télescope en question.

Les dispositions optiques prises ont permis à M. Janssen d'observer le phénomène avec un œil, tandis que le spectre était vu avec l'autre œil.

L'auréole s'est montrée, dans le chercheur, sous forme à peu près carrée, avec des protubérances très-belles. La lumière était mate, douce et comme veloutée, rappelant tout à fait l'aspect des nébuleuses. Certaines parties de l'auréole affectaient la forme de feuilles de dahlia. La fixité des formes a été constatée, l'auréole n'a pas changé d'aspect pendant toute la durée de l'éclipse, ce qui éloigne toute explication basée sur la diffraction.

Pour donner au spectroscope toute sa puissance, une chambre noire avait été formée autour de l'instrument; le télescope ne sortait de cette chambre que par un trou.

Afin de conserver à l'œil toute sa sensibilité, M. Janssen commença à observer la partie supérieure de l'auréole, laquelle lui a donné le spectre de l'hydrogène. La fente ayant été rapprochée des parties inférieures de l'auréole, le spectre devint de plus en plus brillant; les raies de l'hydrogène étaient superbes ; de plus, on commençait à voir quelques raies obscures du spectre solaire, notamment la raie D. La fente fut ensuite amenée à couper une protubérance et tout le travers de l'auréole; alors se produisit une succession de spectres de toutes les parties de l'auréole et d'une protubérance. La fente entama la lune; sur celle-ci le spectre fut très-faible. La protubérance donna le spectre de l'hydrogène, lequel servit de repère pour les spectres fournis par le même gaz au-dessus, sans avoir besoin d'échelle.

La raie verte de l'auréole n'était pas dans le spectre de la protubérance; elle est donc spéciale à la couronne.

De ces importantes observations, il résulte ce qui suit : La couronne est formée, d'une manière générale, par de l'hydrogène excessivement rare. Elle brille d'une lumière propre .Elle va en se divisant de plus en plus dans les parties élevées. Elle présente dans sa constitution des parties plus lumineuses que les autres. Elle réfléchit une portion de la lumière solaire (les raies noires). Elle donne une polarisation radiale, ce qui prouve encore qu'elle réfléchit de la lumière solaire.

Cette polarisation diminue à mesure qu'on s'approche du soleil, parce que le phénomène d'émission l'emporte sur celui de la réflexion.

En supposant même une atmosphère très-faible de la lune, elle ne pourrait servir à expliquer cette énorme auréole solaire.

Les renflements de la lumière s'expliquent, parce qu'on a affaire à une grande protubérance, laquelle porte la matière hydrogénée très-loin du soleil. Elle s'épanouit et occasionne des renversements dans cette atmosphère.

Quant à la forme, qui n'est pas sphérique, elle se conçoit nécessairement. L'équilibre statique seul convient à la forme sphérique; et ici, il n'y a pas d'équilibre possible, puisque l'atmosphère dont il s'agit est travaillée par les protubérances qui lancent des masses considérables, par des comètes qui la traversent et enfin surtout, par tout le flux énorme de la radiation solaire, qui produit des échauffements très-inégaux, à cause de l'étendue des taches. Tout cela en fait une atmosphère bouleversée qui reprend difficilement son équilibre.

Les raisons qui militent en faveur d'une cause objective et circumsolaire prennent une force invincible, quand on interroge les éléments lumineux du phénomène.

En effet, le spectre de la couronne s'est montré, non pas continu, comme on l'avait trouvée jusqu'ici, mais remarquablement complexe. On y voyait : Les raies brillantes, quoique bien plus faibles, du gaz hydrogène qui forme le principal élément des protubérances et de la chromosphère. La raie brillante verte qui a déjà été signalée pendant les éclipses de 1869 et 1870, et quelques autres plus faibles. Des raies obscures du spectre solaire ordinaire, notamment celle du sodium; ces raies sont bien plus difficiles à apercevoir.

Ces faits prouvent l'existence d'une matière dans le voisinage du soleil, matière qui se manifeste dans les éclipses totales par des phénomènes d'émission, d'absorption et de polarisation.

Mais la discussion des faits conduit plus loin encore.

Outre la matière cosmique indépendante du soleil, qui doit exister dans le voisinage de cet astre, les observations démontrent l'existence d'une atmosphère excessivement rare, à base d'hydrogène, s'étendant beaucoup au delà de la chromosphère et des protubérances et s'alimentant de la matière même de celle-ci, matière lancée avec une extrême violence, ainsi qu'on le constate tous les jours.

La rareté de cette atmosphère, à une certaine distance de la chromosphère, doit être excessive; son existence n'est donc point en désaccord avec les observations de quelques passages de comètes près du soleil.

Application de la photographie à l'astronomie. Etude de la surface solaire à l'Observatoire de Meudon. — S'il est une science à laquellela photographie ait rendu des services, et soit encore appelée à en rendre, c'est certainement l'astronomie. L'Observatoire de Meudon montre en ce moment ce qu'on peut espérer de la photographie appliquée à l'étude des astres, lorsque le savoir et l'habileté se donnent la main. Nos lecteurs savent déjà que M. Janssen est parvenu à reproduire les images du soleil, donnant exactement tous les accidents de la surface de l'astre radieux. Nous complétons ici ce que le directeur de l'Observatoire de Meudon a communiqué sur cet intéressant sujet.

L'opinion de M. Janssen est que la photographie est un moyen de découvrir des faits qui échappent à l'investigation exécutée par nos instruments d'optique. Jusqu'ici la photographie avait été impuissante à reproduire les détails vus dans les instruments puissants; on obtenait bien les taches et les facules, mais, pour la surface proprement dite, on n'avait que des marbrures, sans aucun des détails de granulation dont les lunettes nous ont révélé l'existence. On ne cherchait même pas à obtenir ces détails si délicats, entrevus dans des circonstances atmosphériques très-impuissantes à les reproduire.

M. Janssen a vu que cette infériorité avait sa source dans le mode suivi jusqu'ici, et non dans l'essence même de la méthode photographique. Il a même reconnu que cette dernière méthode devait avoir sur l'observation optique des avantages qui lui étaient absolument propres, pour mettre en évidence des effets et des rapports de lumière que la vue est impuissante à percevoir ou à estimer. Malgré l'intervention des verres colorés, des hélioscopes, etc., l'œil observant la surface solaire doit saisir des détails dans un milieu éblouissant et fonctionner dans des conditions tout à fait anormales pour lui.

Les vrais rapports d'intensité lumineuse des diverses parties de l'image ne peuvent plus être perçus, et les apparences ne répondent plus à la réalité des choses. Ceci explique les opinions si différentes qui ont été émises sur les formes et les dimensions des granulations et des parties constitutives de la surface

solaire. Quand l'action de la lumière est convenablement réglée, l'image photographique est exempte de ces défauts, et elle exprime très-approximativement les vrais rapports d'intensité lumineuse des diverses parties de l'objet qui lui donne naissance.

Pour réaliser cet important résultat, il faut que, pendant l'action de la lumière, la couche sensible reste, à très-peu de chose près, semblable à elle-même, ce qui exige que la portion de la substance photographique influencée pendant toute la durée de la pause ne soit qu'une faible partie de la quantité en présence sur la plaque. Ainsi, en *dosant* rigoureusement le temps de l'action lumineuse, de manière à éviter la surpause pour les parties les plus brillantes du disque solaire, l'image obtenue représentera les détails dans la vérité de leurs contours, et donnera les rapports très-approchés de leurs véritables intensités lumineuses.

La photographie montre encore qu'on pourrait obtenir des images très-tolérables du soleil avec des lentilles simples à long foyer. Elle montre surtout que l'achromatisme chimique est incomparablement plus facile à réaliser que l'achromatisme optique, et que les images solaires notamment obtenues, eu égard à cette propriété, peuvent avoir une netteté beaucoup plus grande que celle des images optiques. Quand l'action lumineuse est trop prolongée relativement à son intensité, l'image photographique s'agrandit rapidement et perd toute netteté de contours. Cette irradiation photographique est très-frappante dans les images d'éclipses totales depuis 1860.

Sur ces photographies, les protubérances empiètent sur le disque lunaire de 10, 15 secondes et plus. Quand il s'agit de granulations solaires, ayant un diamètre de 2 à 3 secondes, on ne peut les obtenir sur des images où l'irradiation photographique aurait une valeur supérieure à leurs propres dimensions. Pour combattre cet obstacle capital, il a fallu combiner la diminution du temps de l'action lumineuse avec l'agrandissement des images.

Les dimensions de celles-ci ont été portées successivement à 10, 15, 20, 30 centimètres. Le temps de l'action lumineuse, condition exclusive du succès, a été abaissé jusqu'à un *trois-millième de seconde* en été. Avec une durée aussi courte, il faut appliquer à l'image un développement lent, qui est terminé par le renforcement à l'acide pyrogallique et au nitrate d'argent. Le coton-poudre employé doit être préparé à haute température, pour donner une couche suffisamment fine.

Les formes, les dimensions, la distribution de la granulation solaire ne s'accordent pas avec les idées qu'on avait de ces éléments de la photosphère, d'après les observations optiques. Ces éléments ne rappellent pas, pour leurs formes, les feuilles de saule ou les grains de riz. Ces formes peuvent se rencontrer accidentellement et ne sont que des exceptions. Les grains ont des formes très-variées, mais se rapportant plus ou moins à la forme sphérique. La grande variété des formes des granulations prouve que ces éléments sont constitués par une matière très-mobile qui cède très-facilement aux actions extérieures. Les granulations sont dans un état très-analogue à celui de nos nuages atmosphériques; ce sont des corps formés d'une poussière de matière solide ou liquide nageant dans un milieu gazeux.

Si la couche solaire qui forme la photosphère était en repos et en équilibre parfait, en raison de sa fluidité, elle formerait une enveloppe continue autour du noyau solaire. Les éléments granulaires se confondraient les uns dans les autres, et l'éclat du soleil serait partout uniforme. Mais les courants gazeux ascendants ne permettent pas cet état d'équilibre parfait. Ces courants brisent et divisent cette couche fluide en un grand nombre de points pour se faire

jour. De là, la production de ces éléments qui ne sont que des fractions de l'enveloppe photosphérique.

Ces éléments tendent à prendre la forme sphérique par la gravité de leurs parties constituantes; d'où résulte la forme globulaire, laquelle ne correspond pas à un équilibre absolu, mais seulement relatif, celui où la matière photosphérique, ne pouvant devenir une couche continue, est divisée en éléments qui tendent à prendre individuellement leur figure d'équilibre. Mais cet équilibre individuel est assez rarement réalisé; en de nombreux points, les courants entraînent les éléments granulaires, et leur forme globulaire d'équilibre est altérée jusqu'à devenir tout à fait méconnaissable lorsque les mouvements deviennent plus violents. Ces mouvements agitent constamment la couche gazeuse où nagent les éléments photosphériques; ils ont des points d'élection.

La surface du soleil est ainsi divisée en régions de calme et d'activité relatifs, d'où résulte la production du *réseau photosphérique.* Dans les points de calme relatif, les mouvements du milieu photosphérique ne laissent pas les éléments granulaires se disposer en couche de niveau; il en résulte l'enfoncement des grains au-dessous de la surface, et par suite, eu égard au grand pouvoir absorbant du milieu où nagent ces éléments, la grande différence d'éclat des grains sur les images photographiques.

L'ensemble des données fournies par les nouvelles photographies solaires conduit à cette idée si simple sur la constitution des éléments photosphériques et sur les transformations qu'ils subissent par l'effet des forces auxquelles ils sont soumis. Le fait de la rareté relative des grains les plus brillants des images indique que le pouvoir lumineux du soleil réside principalement dans un petit nombre de points de sa surface. Autrement, si la surface solaire était couverte entièrement par les éléments granulaires les plus brillants qu'elle nous montre, son pouvoir lumineux serait, d'après une approximation, de dix à vingt fois plus considérable.

On voit, avec un grossissement convenable, sur une épreuve bien pure, que la granulation n'a pas partout la même netteté, que les parties à grains bien formés dessinent comme des courants qui circulent de manière à circonscrire des espaces où les phénomènes présentent un manque d'uniformité. On distingue, sur la surface solaire, une série de figures plus ou moins distantes les unes des autres, et présentant une constitution particulière. Ces figures ont des contours plus ou moins arrondis, souvent assez rectilignes, et rappelant le plus ordinairement des polygones. Les dimensions de ces figures sont très-variables; elles atteignent quelquefois plus d'une minute de diamètre. Dans les intervalles de ces figures, les grains sont nets, bien terminés, variables en grosseur; dans l'intérieur, les grains sont comme à moitié effacés, étirés, tourmentés; ordinairement ils ont disparu pour faire place à des traînées de matière qui ont remplacé la granulation. Tout montre que, dans ces espaces, la matière photosphérique est soumise à des mouvements violents qui ont confondu les éléments granulaires. L'activité solaire, dans la photosphère, est toujours très-grande, bien qu'il ne se montre aucune tache à la surface.

Les faits précédents jettent un nouveau jour sur la question controversée de la variation du pouvoir lumineux du soleil. Il est évident que les taches ne peuvent plus être considérées comme formant l'élément principal des variations que l'astre peut éprouver, et qu'il faudra désormais considérer le nombre et le pouvoir lumineux variable des éléments granulaires, qui peuvent jouer ici un rôle prépondérant.

Toutes les coupoles qui renferment les instruments de Meudon sont installées sans abri; c'est un observatoire en plein vent. Les laboratoires de la photographie sont fort bien organisés dans des constructions en briques très-solides.

On y opère au moyen de la lumière jaune-orangé, laquelle n'a aucune influence sur les épreuves. Mais l'Observatoire de Meudon ne sera complet et véritablement digne de la France que lorsque l'ancien château, brûlé par les Prussiens, sera disposé, réparé et convenablement approprié à sa destination nouvelle. De cet ancien bâtiment, il ne reste que les murs, carbonisés en beaucoup de points. Il s'agit de réparer l'édifice et de disposer son intérieur à recevoir les instruments nécessaires aux observations astronomiques.



Fig. 3.

Alors M. Janssen pourra compléter son organisation, et continuer ses belles recherches, qui ont déjà enrichi l'astronomie de nombreuses et brillantes découvertes. A Meudon, il n'y a pas à se préoccuper des inconvénients reprochés justement à l'Observatoire de Paris. Le ciel de Meudon est beau et pur, l'horizon est vaste; aucune construction ne peut gêner les observations; le lieu est suffisamment élevé; toutes les conditions d'un bon observatoire s'y trouvent réunies. D'ailleurs, les résultats déjà obtenus avec les moyens dont dispose M. Janssen sont un sûr garant de ce qu'on est en droit d'attendre d'un observateur qui a donné tant de preuves d'une rare habileté.

Expériences propres à expliquer les apparences de la surface du soleil. — Parmi les expériences faites par M. G. Planté, il en est une qui révèle des analogies entre les courants électriques de haute tension et les phénomènes atmosphériques et cosmiques. Une feuille de papier à filtrer, humectée d'eau salée, est mise en communication avec le pôle négatif d'une batterie secondaire de 400 éléments. A peine le pôle positif touche-t-il la surface humide, qu'il se produit au-dessous de ce fil, avec dégagement de lumière et projection de vapeur, une cavité en forme de cratère hérissé, sur les bords, d'innombrables filaments desséchés et enchevêtrés les uns dans les autres. Ce fil positif se trouve en même temps recouvert d'un nuage formé par la pâte de papier transportée; des débris filiformes adhèrent aussi à l'électrode sur une longueur de 10 à 15 centim.

Les extrémités des filaments sont dirigés vers l'électrode positive, de sorte

que, si l'on place cette électrode au-dessous du papier, on n'observe point de cratère saillant à la surface supérieure, mais une simple escavation dont les rebords filamenteux sont comme aspirés et rentrés en dedans, vers le point d'où sort l'électricité positive. Quelques filaments, par suite de leur grande longueur et de leur dessication instantanée, se recourbent en crochet à leur extrémité. Il est impossible de ne pas être frappé de l'analogie complète d'une telle structure avec celle des taches solaires, telles qu'elles ont été observées par MM. Nasmyth, Dawes, Lockyer, Chacornac, le P. Secchi, Tacchini, Langley, etc., et qui ont été assimilées à des brins ou à des fagots de chaume, à des filaments recourbés, tordus ou entrelacés, etc.

Ces apparences bizarres des taches solaires, si difficiles à expliquer par des actions mécaniques ordinaires, se comprennent facilement par l'intervention de l'électricité, dont le caractère est de cliver, de façonner en pointes ou de diviser en fils toute matière opposée à son passage, pour se frayer les voies multiples qui semblent nécessaires à son rapide écoulement. Il est donc permis d'admettre que les taches solaires sont des cavités produites par des éruptions essentiellement électriques; que, par suite, la masse entière du soleil doit être fortement chargée d'électricité, et que, d'après le sens des excavations dont les talus filamenteux sont rentrés vers l'intérieur de l'astre, l'électricité qui s'en échappe doit être *positive*. C'est ainsi que M. Planté a été conduit à étudier les phénomènes présentés par les globules incandescents qu'on obtient en fondant de gros fils métalliques, à l'aide d'un puissant courant électrique de *quantité*.

Par voie d'analogie, le soleil serait un globe électrisé, plein de gaz et de vapeurs, recouvert d'une enveloppe liquide de matière fondue et incandescente. Les rides ou *lucules* de sa surface proviennent des ondulations de cette enveloppe. Les taches sont produites par des masses de gaz et de vapeurs électrisées, venant de l'intérieur de l'astre, perçant l'enveloppe fluide et donnant aux rebords des cavités les formes qui caractérisent le passage de l'électricité positive. Les *facules* semblent être une phase brillante dans l'évolution des masses gazeuses, en se rapprochant de la surface avant leur éruption. Les *protubérances* sont formées par les gaz eux-mêmes, sortant de l'intérieur de l'astre, à une température plus élevée et, par suite, plus lumineux que ceux formant l'atmosphère de sa surface.

Constitution physique des corps célestes. — Sans être versé dans les théories des sciences exactes et de la physique, on peut comprendre les lois qui régissent l'univers, de manière à se former des idées nettes sur les découvertes modernes. Notre but ici est de tracer un programme, un plan d'étude sur la constitution physique des corps célestes; nous voulons montrer comment on doit procéder pour connaître le soleil, les étoiles, les nébuleuses, etc., pour savoir comment notre terre s'est formée, quelle place nous occupons dans l'immensité de l'espace.

Des astres étincelants, des phénomènes d'incandescence excessive nous apprennent que tout corps céleste tire son origine d'énormes foyers de chaleur et de lumière. C'est donc par l'étude de la combustion et de l'incandescence dans leurs manifestations les plus générales, à la surface de la terre, qu'il faut commencer, avant d'aborder les questions purement astronomiques. Les phénomènes de chaleur ou d'incandescence et de lumière observés proviennent : 1° Des effets chimiques dus aux flammes, aux autres réactions des corps mis en contact, à la chaleur, à la lumière, à l'électricité, etc.; 2° Des effets mécaniques dus au choc, à la pression ou à la compression, au frottement, etc.; 3° Des effets physiques dus à l'électricité, à la chaleur, à la lumière, etc.

A l'égard des beaux effets de la flamme, il faut les envisager, dans la théorie

de la combustion, au point de vue du phénomène que j'ai désigné sous la dénomination de « renversement des flammes », ce qui conduit à définir la combustion d'une manière tout à fait rationnelle. Ensuite la considération du « pouvoir éclairant des gaz soumis à de fortes pressions », constitue une série de faits étudiés par M. Frankland, et qui viennent s'ajouter à la théorie de Davy sur « l'influence des particules solides dans l'intensité lumineuse des gaz enflammés ». De plus, pour réunir les éléments d'une étude complète des astres, l'intervention des effets de *dissociation*, découverts par M. H. Deville, est nécessaire.

Les phénomènes lumineux et calorifiques manifestés par le soleil et par les autres astres, rentrent dans un domaine d'observations qui s'étend de plus en plus, à mesure que les moyens d'investigation s'accroissent et se perfectionnent. Parmi ces phénomènes, celui de la dispersion a pris une importance considérable dans ces derniers temps. Il faut y joindre la polarisation, les interférences, etc. La fluorescence, la phosphorescence, les effets sur les animaux et les végétaux, ont aussi leur place marquée dans cette vaste *Etude*.

Les moyens dont nous pouvons disposer pour l'examen des astres sont destinés à venir en aide au sens de la vue : les télescopes, les lunettes, les photomètres, les actinomètres, les spectroscopes, etc., sont des instruments dont l'emploi est devenu indispensable. Il faut y joindre les appareils construits pour la détermination des effets calorifiques, de pression, etc. Enfin, l'immense champ des observations renferme nécessairement celles relatives aux météores, parmi lesquels figurent en première ligne les aurores polaires et les météores ignés, comme faisant essentiellement partie des données nécessaires aux théories astronomiques. C'est ici que l'électricité joue un rôle important, rôle lié à celui du magnétisme et correspondant à d'autres phénomènes dont la science est en voie de trouver le lien. Si nous envisageons le phénomène de la combustion, particulièrement en ce qui concerne les flammes ou l'incandescence des gaz, nous serons amenés à distinguer quatre espèces de faits principaux; ils concernent : *le rôle des particules solides dans le pouvoir éclairant des flammes, l'action de la pression sur leur intensité lumineuse, la dissociation,* et enfin, *le renversement des flammes.*

1° Une flamme produite par un gaz très-chaud est peu éclairante, telle est celle de l'hydrogène brûlant à l'air ou dans l'oxygène. Il faut pour que cette flamme répande une lumière suffisamment intense, l'alimenter avec une substance renfermant des particules solides. La benzine est dans ce cas : le charbon qui entre dans sa composition, sous forme de parcelles excessivement ténues, imprègne l'oxygène qui la traverse, et communique à la combustion de ce mélange le pouvoir de répandre une grande clarté. Au nombre des flammes très-lumineuses, nous citerons celle du gaz de l'éclairage et la lumière Drummond. Le gaz de l'éclairage est principalement composé d'hydrogène et de carbone. La lumière Drummond s'obtient en portant un morceau de chaux ou de magnésie à l'incandescence, au moyen de la flamme alimentée par un mélange de deux volumes d'hydrogène et de un volume d'oxygène, mélange gazeux propre à effectuer la combinaison des deux gaz pour engendrer la vapeur d'eau. Dans les expériences faites sur la lumière oxhydrique, on a obtenu soixante fois plus de lumière que n'en donne le gaz d'éclairage brûlant à l'air dans les conditions ordinaires.

2° Les gaz incandescents, soumis à de fortes pressions, deviennent éclairants. L'auteur des expériences qui établissent ce fait, M. Frankland, les fit connaître sous ce titre : « sur la combustion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone dans l'oxygène, sons une haute pression. » Quelques expériences faites sur la nature du principe lumineux dans la flamme du gaz de la houille, ont conduit l'auteur à douter de l'exactitude de la théorie généralement reçue; que la

lumière d'une flamme est due à la présence de particules solides. Suivant lui, il existe beaucoup de flammes possédant un grand éclat, et qui ne peuvent absolument contenir de particules solides. Un éminent chimiste, M. H. Deville, a combattu ces conclusions, en ce qui concerne la théorie de Davy, laquelle attribue aux particules solides l'influence dont il s'agit. Cependant, il faut avouer qu'il serait difficile d'amoindrir le rôle de cette influence sur le pouvoir éclairant des flammes ; mais les faits signalés par M. Frankland n'en ont pas moins leur place dans ce genre de phénomènes.

3° Il est un autre mode d'action qui caractérise les combinaisons et les décompositions chimiques; c'est la dissociation. Prenons pour exemple la vapeur d'eau. A une certaine température (2 500 degrés environ), les atomes d'oxygène et d'hydrogène qui la composent tendent à se séparer et se séparent en effet ; l'eau est alors décomposée, ces éléments se dissocient. La température étant encore plus élevée, cette séparation subsiste, et la recomposition ne peut se refaire qu'avec la condition d'un degré de chaleur revenu au point où la dissociation s'effectue. Ainsi, la chaleur qui est nécessaire, en général, pour déterminer les combinaisons des corps, est la cause de leur décomposition, quand elle atteint un point convenable. Les températures excessives s'opposent aux combinaisons des corps mis en présence; les éléments ne sont plus que mélangés; leur union ne saurait s'effectuer qu'à un degré déterminé.

4° Enfin, le phénomène de renversement des flammes a lieu lorsqu'on intervertit les jets gazeux. Nous avons indiqué le sens qu'il fallait attacher à ces expériences; nous reproduirons seulement ici une partie des conclusions que nous en avons tirées. Ainsi, l'hydrogène qui brûle dans l'oxygène et dans l'air, peut entretenir la flamme donnée par un jet d'oxygène ou d'air. Ce phénomène est également produit par les autres gaz capables de se combiner en dégageant de la chaleur et de la lumière. Le protoxyde d'azote donne une flamme dans une atmosphère d'hydrogène, et inversement ; il en est de même d'un jet d'oxygène dans le cyanogène, ou dans l'oxyde de carbone, etc., etc.

Ces expériences prouvent, qu'il ne faut plus faire de distinction entre les comburants et les combustibles. Un corps qui fait brûler peut brûler à son tour et inversement. On peut dire véritablement que, dans les combinaisons produites avec dégagement de chaleur souvent accompagnée de lumière, il n'y a ni corps comburants, ni corps combustibles. Chaque élément laisse dégager sa part de calorique et en absorbe une certaine quantité. Ce que l'on sait, c'est qu'en général, la concentration correspond à un refroidissement ou perte de chaleur, et la dilatation exige un échauffement, une absorption de calorique. Il faut chauffer les corps solides pour les liquéfier; et les liquides demandent de la chaleur pour se vaporiser. Les gaz ne peuvent devenir liquides qu'en perdant du calorique ; il en est de même des liquides pour devenir solides. Une augmentation de pression favorise la liquéfaction des gaz, tandis qu'une diminution de pression favorise la vaporisation des liquides. Le premier de ces effets est accompagné d'une perte de chaleur; au contraire, le second correspond à une absorption de calorique.

Autrefois, dans la théorie du phlogistique, due à Sthal, on supposait qu'un corps perdait quelque chose en brûlant, ce qui est contraire à l'observation, puisque les produits de la combustion ont toujours un poids plus considérable que celui de la matière avant d'avoir brûlé. Lavoisier a montré qu'il en était ainsi parce que le combustible prenait, en brûlant du gaz oxygène, qui forme l'une des parties constituantes de l'air. En même temps, cet illustre savant considérait le gaz oxygène comme un corps composé de la base respirable de l'air uni à du calorique. Pour Lavoisier, le charbon brûlant dans l'air décompose l'oxygène pour se combiner avec le gaz respirable, l'air vital, tandis que le-aco

rique dégagé pendant cette combustion s'est séparé du gaz auquel il était combiné. A l'égard de la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène pour constituer la vapeur d'eau, en faisant brûler l'un des gaz dans une atmosphère de l'autre, ou en enflammant leur mélange dans les proportions voulues, c'est, d'après Lavoisier, l'oxygène qui laisse dégager le calorique. Mais comme l'un et l'autre passent de l'état gazeux à l'état de vapeur ou liquide, ils doivent perdre chacun une certaine quantité de chaleur : il est probable que l'oxygène en perd plus que l'hydrogène. Des expériences, dont quelques-unes ont déjà été indiquées par nous, pourront conduire à une estimation exacte.

En y réfléchissant un peu, on voit que la théorie de Sthal n'est pas aussi fausse qu'on l'a dit. Il y a certainement perte de chaleur, ou de quelque chose qu'on appellera phlogistique, si l'on veut, dans le phénomène ordinaire de la combustion. Si le phosphore brûle dans l'air ou dans l'oxygène, c'est que ce dernier gaz perd du calorique pour prendre l'état solide en s'unissant au phosphore. Cette observation doit être généralisée.

Prenons encore le charbon pour exemple : ce corps, étant solide, ne peut prendre l'état gazeux pour devenir acide carbonique, qu'en absorbant de la chaleur, c'est l'oxygène qui la lui donne ; en sorte que le calorique dégagé pendant la combustion du charbon, n'est pas la totalité de celui perdu par l'oxygène ; c'est la différence de tout le calorique qui s'est séparé de ce dernier gaz, avec le calorique pris par le charbon pour changer d'état. L'inverse se produit lors de la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux, sous l'influence des rayons solaires. Dans cet acte, l'oxygène reprend le calorique qu'il lui faut pour redevenir l'air vital de Lavoisier, et il le prend aux rayons du soleil et au carbone qui, pour redevenir solide, perd ce qu'il avait pris pour se gazéifier.

Il importe maintenant de passer en revue les autres circonstances générales qui produisent l'incandescence. Nous avons à envisager les réactions des corps dans tous les états qu'ils peuvent affecter, ce qui nous conduira à l'origine de ces réactions. Elles sont produites spontanément par des corps solides, liquides ou gazeux, par le contact des corps solides entre eux, ou avec des liquides, ou avec des gaz, vapeurs, ou entre liquides et gaz ou vapeurs, entre solides et liquides et gaz, et enfin entre gaz ou vapeurs. La citation de quelques exemples éclaircira cette énumération. L'acide azotique anhydre se décompose spontanément avec explosion ; il en est de même de l'iodure d'azote, du chlorure d'azote et de la nitroglycérine. Il existe un oxyde de chlore dont la décomposition a lieu avec explosion, à une température inférieure à celle de l'ébullition de l'eau. La combustion du mélange explosif d'oxygène et d'hydrogène s'effectue en présence de la mousse de platine. Le soufre et le cuivre se combinent avec incandescence, à l'aide d'une certaine température. Le chlorate de potasse fait consumer le charbon rougi. Les poudres explosives produisent des effets calorifiques et lumineux très-intenses.

On sait que le phosphore brûle dans l'eau au contact du chlorate de potasse et de l'acide sulfurique. Ces deux derniers corps eux-mêmes réagissent violemment l'un sur l'autre. L'acide sulfurique anhydre et l'eau sont dans le même cas. Les réactions produites respectivement par un grand nombre de corps avec l'oxygène, celles de l'antimoine, de l'arsenic, etc., avec le chlore, celles des pyrophores à l'air, du soufre brûlant dans l'hydrogène, etc., suffisent pour constater les effets de chaleur et de lumière engendrés par des solides avec des gaz. Comme actions semblables provenant des liquides entre eux, nous indiquerons seulement le chlorure d'azote avec l'essence de térébenthine, et l'alcool absolu avec l'acide azotique concentré. L'hydrogène phosphoré liquide s'enflamme à l'air ; il en est de même du liquide connu sous le nom de *zinc éthyle*.

Le potassium jeté sur l'eau et à l'air occasionne une combustion bien connue ; celle produite par le phosphure de calcium, dans les mêmes circonstances, n'est pas moins remarquable; nous en dirons encore autant de l'acide chromique et de l'alcool; le contact de ces deux corps développe une vive incandescence.

Parmi les réactions dues au contact des corps réunissant les trois états de la matière, se trouve celle fournie par l'hypermanganate de potasse agissant à l'air libre et avec le concours de l'acide sulfurique, sur le bois, le lycopode, la naphtaline, l'alcool et sur beaucoup d'autres substances. Ces effets d'incandescence se manifestent avec une très-grande vivacité. Quant aux faits du même genre relatifs aux gaz, ils sont très-nombreux. Le chlore brûle dans l'hydrogène arseniqué, sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'intervention de la chaleur et inversement.

L'ammoniaque et l'acide chlorhydrique se combinent directement avec dégagement de chaleur et de lumière; la flamme de l'un de ces gaz dans une atmosphère de l'autre s'obtient aisément. Un courant d'air ou d'oxygène ou de protoxyde d'azote brûle dans l'hydrogène ou dans un hydrogène carboné; ces derniers gaz brûlent également dans le protoxyde d'azote. L'air et l'oxygène flambent dans le cyanogène, ainsi que dans l'oxyde de carbone, dans la vapeur d'alcool, dans celle d'éther, etc. L'hydrogène reste allumé dans le chlore, et inversement. La même chose a lieu entre l'oxygène et l'ammoniaque, entre l'air ou l'oxygène et l'hydrogène sulfuré.

En se plaçant dans des circonstances favorables, et en réunissant certaines conditions, on pourrait également déterminer le phénomène de l'incandescence directe et inverse entre les corps suivants : chlore et ammoniaque, ammoniaque et protoxyde d'azote, oxyde de carbone et hydrogène, oxyde de carbone et ammoniaque, acide arsénieux ou acide arsénique et hydrogène ou hydrogène sulfuré ou ammoniaque, cyanogène et oxyde de carbone, hydrogène carboné et oxyde de carbone, protoxyde d'azote et hydrogène carboné, etc., etc.

Un grand nombre de réactions se produisent sans recourir directement à l'intervention du calorique; mais un grand nombre aussi des actions chimiques nécessitent l'emploi de cet intermédiaire.

Les poudres fulminantes fournissent des exemples d'incandescence produite par le choc, et l'on sait que certains mélanges, comme celui de chlorate de potasse et de phosphore, s'enflamment par le frottement. Ces modes d'actions peuvent facilement être ramenés au fait de la compression. C'est là qu'il faut voir l'origine du calorique dérivant du mouvement, qui emporte avec lui les notions du temps et de l'espace. Un exemple suffira pour préciser cette pensée.

Je prends un mélange détonant d'oxygène et d'hydrogène, occupant un volume déterminé, à la température et à la pression ordinaires, dans une éprouvette à compression. Je comprime brusquement ce mélange gazeux, jusqu'au point de produire la combinaison. La chaleur dégagée depuis le moment où la compression a commencé jusqu'après la combinaison se compose de deux portions : l'une dégagée par la compression jusqu'au point de l'inflammation du mélange, la seconde dégagée par le fait de la combinaison elle-même. Je comprine ensuite un mélange semblable, pris dans des conditions identiques, mais en opérant lentement. La chaleur dégagée par cette action est égale à la première partie de celle développée dans l'opération précédente, en atteignant le même volume.

Dans les deux cas, même mélange gazeux, même masse, même volume, même perte de chaleur ; le temps seul diffère, et cela suffit pour occasionner la différence d'action, c'est-à-dire pour que la combinaison s'effectue dans le premier cas et pour qu'elle ne s'effectue pas dans le second. On arriverait au même résultat en opérant pendant le même temps, dans ces deux expériences

et en faisant varier seulement le volume du mélange gazeux; volume qui serait assez réduit dans un cas pour déterminer la combinaison, tandis qu'elle n'aurait pas lieu dans le second où le volume serait suffisamment grand. Ce sont là des conditions de mouvement.

La chaleur nécessaire aux actions chimiques dépend donc essentiellement du temps et de l'espace. Toute action chimique n'est donc que de la matière en mouvement.

Quand on parle du poids d'un corps, on suppose un état de repos relatif. En réalité, le poids d'un corps est variable avec le mouvement. Ce poids dépend de la vitesse ou de la hauteur de la chute. Une masse de 10 kilogrammes, tombant de 4,9 mètres, sur un obstacle qui semble détruire son mouvement, produira des chocs de 100, de 1,000 kilogrammes etc., suivant que la durée du choc sera 0,1 ou 0,01, ou etc., de seconde.

Le poids est donc de la matière en mouvement; et le mouvement peut se traduire par le poids.

Si le calorique est du mouvement, il semble qu'il devrait, suivant sa quantité faire varier le poids des corps, selon qu'ils sont chauffés ou refroidis. Si la variation de poids n'existe pas, c'est que cette sorte de mouvement s'exécute dans tous les sens et que ces actions s'équilibrent, absolument comme la pression exercée sur un liquide se répartit dans toutes les directions, sans augmentation de poids. Il en est de même de l'élasticité des gaz.

Ainsi disparaît la contradiction apparente qu'on trouve, au premier abord, dans ce que nous avons dit des théories de Lavoisier et de Sthal.

L'action de l'électricité sur les combinaisons et les décompositions est assimilée à celle de la chaleur. Cette action doit être examinée en particulier; mais il nous suffit de constater qu'on l'obtient par la transformation du mouvement dont elle est une des formes infinies.

Quant à l'influence de la lumière dans les réactions chimiques, elle ne saurait être aussi qu'une espèce de mouvement,ainsi qu'on l'observe dans la combinaison, à volumes égaux, de l'hydrogène et du chlore. La transformation du mouvement en lumière, en magnétisme, sont d'ailleurs des faits acquis à la science.

D'après ce qui précède, *le mouvement de la matière serait l'origine de tous les effets d'incandescence.* Or, le *mouvement* donne l'idée du *temps* et celle de l'*espace*; ces deux dernières expressions n'auraient aucun sens précis en dehors de la matière et du mouvement. Le mouvement n'est que la succession des positions différentes d'un corps; c'est la disposition changeante des diverses parties de la matière. Cette appréciation, dans la suite des faits, constitue le temps; comme la perception de la variation des positions relatives indique l'espace, et, par suite, la surface et la ligne.

Nous n'avons pas à nous préoccuper maintenant, de savoir si les corps soumis aux réactions sont simples ou composés; outre qu'à cet égard nous ne savons rien de précis sur les corps appelés simples, nous ne connaissons pas les transformations réelles ou les évolutions des matériaux qui forment les corps lancés dans l'espace. La considération de la nature intime de ces matériaux a sa place marquée dans les applications des faits et des théories à l'examen des corps célestes eux-mêmes.

En publiant son système cosmogonique, Laplace laissa voir que le calcul auquel il avait soumis tant de beaux et difficiles problèmes, était impuissant dans la recherche des causes premières. Ses idées ont eu un grand succès, parce qu'elles étaient le fruit d'une imagination brillante guidée par les principes de

la science; mais ces idées n'en sont pas moins une hypothèse fondée sur l'existence de la matière, du mouvement, de l'attraction, de la dilatation et d'autres propriétés des corps.

Bornant leurs études au soleil, des astronomes éminents ont découvert des faits inattendus. Des théories tendant à expliquer la constitution entière du soleil ont été développées avec une grande sagacité; néanmoins, il faut avouer que cette belle étude se complique à mesure que se font les découvertes.

Mais avant d'émettre nos doutes sur la manière dont on a interprété les effets observés, doutes soulevés par le rapprochement de tous les phénomènes que nous avons énoncés, il importe de résumer très-succinctement les résultats obtenus et les principes qui ont cours aujourd'hui.

Une observation attentive des taches solaires convainquit Wilson qu'elles étaient formées au-dessous de la photosphère de l'astre. Pour expliquer ce fait, Herschel supposa une atmosphère formée de deux couches enveloppant un noyau obscur et solide. Mais ce fut Arago qui donna à l'hypothèse de l'atmosphère la sanction de l'expérience. L'observation des protubérances conduisit plus tard cet illustre savant à imaginer une troisième enveloppe entourant la photosphère.

Tout en se fondant sur ce que les solides et les liquides incandescents seuls donnent un spectre continu, M. Kirchhoff admet que le noyau solaire laisse dégager, sous l'influence de sa haute température, des vapeurs métalliques qu se répandent dans l'atmosphère très-dense dont il est entouré. De là, les raies noires du spectre solaire, qui coïncident si bien avec les raies brillantes données par les différentes vapeurs métalliques répandues dans une flamme. M. Kirchhoff a proposé une explication des taches, qui consiste à admettre qu'elles proviennent de nuages formés dans l'atmosphère du soleil au-dessus de sa surface brillante.

L'ingénieuse théorie de M. Faye repose entièrement sur l'hypothèse qui ferait du soleil une masse gazeuse. Les diverses substances entrant dans la composition de l'astre lumineux seraient dissociées, leur combinaison ne pouvant se faire qu'à la surface, par un abaissement notable de la température à laquelle ces substances sont soumises dans l'intérieur, relativement obscur.

De son côté, M. Janssen, après sa belle observation de l'éclipse du 18 août 1868 continua d'étudier les protubérances; il trouva dans ces appendices tous les caractères de la lumière émise par des masses gazeuses incandescentes, masses principalement composées de gaz hydrogène, et provenant du soulèvement d'une première enveloppe rose extérieure du soleil, nommée chromosphère, à laquelle est probablement due la couronne des éclipses, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Ces observations, confirmées par un autre astronome éminent, M. Lockyer, forment un ensemble dont voici les conséquences:

Les liquides et les solides en incandescence ou en combustion donnent des spectres continus. Les gaz en incandescence produisent des spectres discontinus, c'est-à-dire des bandes lumineuses séparées par de larges intervalles obscurs. Les gaz non assez chauds pour être incandescents, absorbent les rayons qu'ils émettent quand ils sont incandescents; d'où les bandes lumineuses précédentes sont remplacées par des raies noires; les spectres sont intervertis. Des gaz et des vapeurs non assez chauds pour être lumineux et dans lesquels flottent des nuages, poussières, vapeurs lumineuses, donnent un spectre parsemé de raies noires; c'est encore un spectre interverti. Un corps solide ou liquide lumineux donne de la lumière polarisée, en prenant les rayons sur les bords. Un gaz lumineux ne donne aucune trace de polarisation.

Des nuages lumineux, solides ou liquides, dans une atmosphère gazeuse lumi-

neuse ou non, ne manifestent pas de polarisation. Or, le spectre solaire est continu, traversé par de nombreuses raies noires; c'est un spectre interverti. De plus, les bords ne présentent pas de traces de polarisation. Donc, d'après l'examen du spectre solaire et l'absence de polarisation sur les bords de l'astre lumineux, il existe une *photosphère formée d'une atmosphère gazeuse, dans laquelle flottent des nuages solides ou liquides lumineux*. En effet, d'après l'examen du spectre, la photosphère est solide ou liquide, entourée d'une enveloppe absorbante, ou gazeuse chargée de nuages solides ou liquides. Pour que ces deux modes d'observation s'accordent, il faut admettre une photosphère gazeuse chargée de nuages lumineux solides ou liquides.

Nous pouvons chercher maintenant à nous représenter le jeu de tous les matériaux constituant le soleil. Les éléments sont dissociés dans l'intérieur de la masse; à la surface, les combinaisons s'effectuent, et les particules solides qui en résultent donnent à la lumière l'intensité que nous lui connaissons. La pression doit augmenter considérablement à mesure que les matières se rapprochent du centre, et cette pression exerce aussi son influence sur le pouvoir lumineux de l'astre.

D'après cela, pour comprendre une obscurité relative du noyau, il faudrait démontrer que l'énorme pression à laquelle il est soumis, est insuffisante pour lui communiquer un pouvoir éclairant aussi intense que celui qui frappe notre vue, et attribué seulement à la surface de l'astre. Les expériences de M. Frankland nous portent, au contraire, à croire que le noyau du soleil doit sembler lumineux, si ce noyau est gazéiforme.

Mais la densité du soleil n'indique-t-elle pas un noyau liquide? Cette densité moyenne, en effet, est supérieure au quart de celle de la terre, et celle-ci égale cinq fois environ celle de l'eau. Si l'on considère que les couches superposées vont en augmentant de densité de la surface au centre, on en concluera que la densité du noyau de l'astre est notablement plus grande que celle de l'eau. Cette densité, d'ailleurs, si elle était seulement égale à celle de l'eau, répondrait, pour certaines couches, à une pression de mille atmosphères; et on sait, d'après des expériences de M. Cailletet, que le gaz le plus léger, comme l'hydrogène, soumis à une pression de quatre cents atmosphères, ne peut pas prendre la forme gazeuse, lorsque toutes les autres circonstances sont réunies pour occasionner son dégagement. Ajoutons que toutes les densités de vapeurs déterminées sont beaucoup plus faibles que la densité de l'eau, qu'en augmentant en même temps la pression et la température, on détermine des variations contraires de densité, et nous légitimerons peut-être nos doutes sur la possibilité d'un noyau solaire à l'état gazeux, tandis que l'état liquide nous semble être celui que ce noyau doit affecter. L'exemple de l'acide carbonique, liquide dans l'appareil de Thilorier, ne vient-il pas corroborer notre opinion?

M. Mittcherlich a montré que les sulfates, les chlorures, les oxydes d'un même métal ne donnent pas toujours un spectre; et lorsqu'il y a un spectre, les raies ne sont pas toujours les mêmes. Cela jette un doute sur les conséquences qu'on a tirées de la présence des raies spectrales.

Il paraîtrait que l'*erbine* (oxyde de l'*erbium*) ne donne que quelques bandes lumineuses lorsqu'on la porte à une température élevée. Cette exception, si elle se vérifiait, mettrait en défaut la loi qui attribue des teintes graduées, se perdant les unes dans les autres, aux corps incandescents solides ou liquides.

D'un autre côté, nous avons vu que l'induction était favorisée par l'observation; les récentes découvertes dénotent la présence de l'oxygène dans le soleil, et mettraient sur la voie pour trouver dans cet astre les métalloïdes terrestres.

Déjà en 1871, nous faisions pressentir l'existence de l'oxygène dans l'astre umineux. En brûlant de l'hydrogène dans de l'oxygène, et inversement,

disions-nous, on obtient le même spectre. Cette remarque ouvre une nouvelle voie aux recherches; elle s'étend à toutes les flammes directes et inverses. Pour le moment, on en induit qu'il est bien difficile de préciser la nature d'une couche solaire quelconque, surtout si on a égard à l'influence de l'atmosphère terrestre, des nébulosités cométaires dans le voisinage du soleil, de la matière zodiacale et des anneaux cosmiques. Ainsi, une grande réserve est commandée lorsqu'il s'agit de se prononcer sur la constitution physique du soleil, et, à plus forte raison, sur la nature des éléments sidéraux.

On ne saurait trop répéter que le dernier mot de la science ne sera jamais dit; notre esprit se heurte continuellement contre des impossibilités que nous croyons toujours pouvoir surmonter.

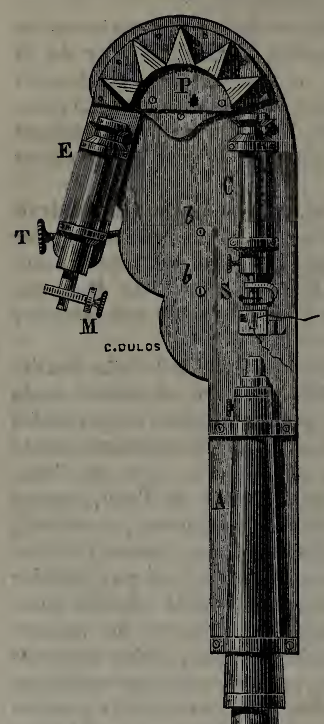
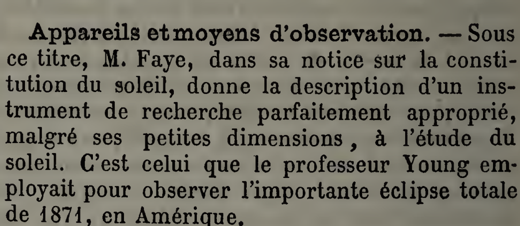


Fig. 4. — Spectroscope.

Les mouvements planétaires eux-mêmes, qui passent pour être exactement connus, ne reposent cependant que sur une fausse hypothèse : celle de l'immobilité du soleil. Lançons dans l'espace l'astre qui nous éclaire, ainsi que le veut la réalité, et nous verrons le calcul ne constater que des mouvements relatifs : les mouvements vrais sont ignorés. Là, comme partout ailleurs, la vérité se cache. Forcés de nous contenter des phénomènes relatifs, nous ne saurions oublier, toutefois, que la vérité absolue existe nécessairement et que, par conséquent, elle ne peut résider que dans une intelligence infinie.



Appareils et moyens d'observation. — Sous ce titre, M. Faye, dans sa notice sur la constitution du soleil, donne la description d'un instrument de recherche parfaitement approprié, malgré ses petites dimensions, à l'étude du soleil. C'est celui que le professeur Young employait pour observer l'importante éclipse totale de 1871, en Amérique.

Le télescope est un simple chercheur de comètes de 4 pouces d'ouverture et de 30 pouces anglais de foyer, avec un oculaire négatif ordinaire qui donne, sur le plan de la fente, à une distance de 5 pouces, une image solaire de 2 pouces environ de diamètre. Les deux lunettes du spectroscope proprement dit n'avaient que 2 pouces $^1/_4$ d'ouverture et 16 pouces de longueur. L'appareil réfringent était formé de cinq prismes avec des faces de 2 à 3 pouces; le tout monté sur une pièce de bois et fixé à un pied parallactique ordinaire.

Ce petit appareil faisait voir toutes les raies connues du spectre, et en particulier, avec une netteté parfaite, la faible raie de nickel. Avec cet instrument, le professeur Young a fait les observations les plus importantes et les plus curieuses pendant la courte durée de l'éclipse totale qu'il était allé observer dans l'Yowa.

A. Boillot.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES

NOTES COMPLÉMENTAIRES

FRANCE

NOTE I.

Appareils et procédés de chauffage et d'éclairage.
(Classe 27.)

Les produits de la classe 27 se divisaient en quatre groupes : les appareils de chauffage et de ventilation; les appareils d'éclairage, les accessoires du chauffage et de l'éclairage et les forges portatives.

Chauffage et ventilation (1). — Sous ce titre on comprend la fumisterie, la construction des appareils de chauffage et de ventilation et leur installation dans les édifices publics et privés.

La fumisterie est une industrie essentiellement locale ; aussi est-elle répartie à peu près dans toute la France proportionnellement à la population. Basée le plus souvent sur des données empiriques, elle perd chaque jour de son importance, et cède la place à l'industrie du chauffage et de la ventilation, qni, reposant sur des bases scientifiques exactes, a pris depuis quelques années un développement de plus en plus considérable.

La construction des appareils de chauffage demande le concours des industries du tôlier, du fondeur, du fabricant de faïences pour poëles, du fabricant de fourneaux de cuisine, et enfin de la poëlerie en fonte. Elle est centralisée dans diverses parties de France, notamment à Paris et à Lyon pour la tôlerie proprement dite et la fabrication des faïences, des fourneaux, etc., dans les départements du Nord, de l'Aisne, de la Haute-Marne et des Ardennes pour la fonte des appareils.

L'étude et l'installation du chauffage et de la ventilation forment une spécialité qui n'est exploitée que par un petit nombre de maisons, pour la plupart placées à Paris. Elles perfectionnent chaque jour leurs procédés, et ont puissamment contribué, surtout en ce qui concerne les monuments publics, les hôpitaux, théâtres, etc., aux progrès accomplis en France depuis 1867.

Les matières premières employées dans cette industrie sont très-nombreuses. Parmi les métaux, la fonte, le fer, la tôle tiennent la première place, depuis la fonte pour plaques et tuyaux, qui vaut de 16 à 20 francs les 100 kilogrammes, jusqu'aux tôles et fers ouvragés, dont le prix est beaucoup plus élevé. Viennent ensuite le cuivre rouge pour tuyaux ou appareils, le laiton pour moulures et ornementation, et le bronze pour robinetterie d'eau chaude ou de vapeur. On peut citer aussi la plupart des matériaux de construction, et entre autres les matières céramiques réfractaires, dont l'usage se développe chaqne jour davantage dans la construction même des appareils de chauffage.

(1) Voir l'article *Chauffage et ventilation*, de M. Wazon, pages 1 et 131.

Le travail mécanique n'existe pas dans la plupart des ateliers; 10 maisons à peine se servent de machines à vapeur, dont la force motrice totale n'atteint pas 100 chevaux.

On compte à Paris 3,500 ouvriers, dont 500 enfants au-dessous de seize ans, employés dans cette industrie. La plupart : tôliers, chaudronniers en fer ou en cuivre, serruriers, forgerons, ajusteurs, mécaniciens, tourneurs et manœuvres, travaillent dans les ateliers; le reste, un septième environ, composé de fumistes, briqueteurs, maçons, est occupé en ville. Le taux moyen des salaires journaliers était en 1860 de 4 fr. 40 cent.; en 1872, il s'élevait à 5 fr. 75 cent. Les neuf dixièmes des ouvriers sont payés à la journée; un dixième seulement travaille aux pièces.

L'industrie du chauffage donne lieu à l'importation de quelques fers et fontes d'Angleterre, de Belgique et d'Allemagne. Les produits sont consommés presque entièrement en France; cependant l'exportation, qui ne représentait pas en 1867 le vingtième de la production totale, a sensiblement augmenté dans ces dernières années : elle se fait principalement en Espagne, en Suisse, en Autriche, en Belgique et en Hollande.

Des progrès notables se sont accomplis depuis l'Exposition de 1867 dans l'industrie du chauffage et de la ventilation. Les appareils de chauffage par le gaz se sont multipliés à tel point pour les usages domestiques et industriels qu'à Paris la consommation dite de jour, c'est-à-dire celle qui s'opère entre l'heure de l'extinction des lanternes publiques et celle de leur allumage, a atteint en 1876 le chiffre de 39,301,042 mètres cubes, ce qui correspond à peu près au cinquième de la consommation totale de la même année : ils rendent les plus grands services aux fondeurs de métaux précieux, aux ferblantiers, aux apprêteurs sur étoffes, aux fabricants de chapeaux, aux relieurs, aux coiffeurs, aux tailleurs et aux blanchisseuses. L'application de la vapeur au chauffage dans les monuments s'est vulgarisée, grâce à des perfectionnements importants. De grandes installations ont été faites; d'autres sont actuellement en cours d'exécution.

Au point de vue de l'hygiène enfin, il faut signaler le développement qu'a pris l'usage des matériaux réfractaires pour la construction des foyers et même des surfaces de transmission de chaleur et l'importance croissante donnée aux appareils de ventilation mécanique.

Éclairage. — Les appareils d'éclairage peuvent se diviser en trois catégories : appareils pour huiles végétales et minérales, appareils à gaz, appareils électriques. Rien n'a été innové depuis 1867 dans l'éclairage aux huiles végétales; la lampe dite modérateur et la lampe Carcel sont encore les deux seuls types usités. On a au contraire créé de nombreux modèles d'appareils pour huiles minérales, appropriés aux usages domestiques ou aux besoins des diverses industries. Chaque compagnie de chemin de fer a ses types, que l'on perfectionne sans cesse. Les phares de France sont tous éclairés à l'huile minérale au moyen d'appareils ayant de une à cinq mèches concentriques. Les petites villes qui ne sont pas encore pourvues d'une usine à gaz, les usines ou manufactures qui ne peuvent se procurer le gaz ont adopté l'éclairage au pétrole.

Quelques maisons, à Lille et à Saint-Étienne, fabriquent spécialement des lampes de mineurs; d'autres, à Lyon et à Bordeaux, confectionnent des lampes à pétrole ou appareils d'éclairage industriels ; mais le grand centre de production de la lampisterie, des appareils de luxe, des suspensions, des appareils pour les chemins de fer, les phares, la marine et les usines, se trouve à Paris. Sur 350 fabricants de lampes et lanternes en France, on n'en compte que 50 en province.

En 1860, un ou deux industriels seulement se servaient de machines à vapeur; maintenant, il n'est pas un établissement de quelque importance qui n'emploie la vapeur pour actionner les tours, les moutons, les découpoirs, les poinçonneuses et les autres outils. La tournure et le repoussé ne se font plus ni au pied ni à bras; on ne soude presque plus à la marmite; la soudure au gaz s'est généralisée. On peut évaluer à 4,500 le nombre des ouvriers lampistes, repousseurs, tourneurs, ajusteurs, découpeurs, monteurs et polisseurs, dont la majeure partie travaille aux pièces. La production générale annuelle s'élève à environ 35 millions de francs : dans ce total, les matières premières entrent pour 21 millions, la main-d'œuvre pour 8,500,000 francs, et les frais généraux pour 5,500,000 francs.

La presque totalité des appareils d'éclairage par le gaz se fabrique à Paris; on trouve en province, et notamment à Lyon, Lille, Marseille et Bordeaux, quelques fabricants d'appareils courants. Sur 250 industriels qui s'intitulent gaziers, il n'y en a qu'une centaine qu'on puisse considérer comme de véritables fabricants. Vingt d'entre eux au plus ont des ateliers mus à la vapeur; les autres se servent de tours au pied ou de la grande roue à bras. Ces fabricants occupent environ 2,000 ouvriers, qui travaillent presque tous aux pièces; leur production générale peut être estimée à 10 millions de francs, dont un tiers représente la valeur des matières premières, un tiers celle de la main-d'œuvre et un tiers celle des frais généraux.

Le taux des salaires des ouvriers employés à la fabrication des appareils à gaz est le même que celui des ouvriers de la lampisterie; le prix de l'heure varie de 45 à 70 centimes pour ceux qui travaillent à la journée, et de 60 à 90 centimes pour ceux qui travaillent aux pièces.

Les deux industries de la lampisterie et de l'éclairage au gaz exportent une partie de leurs produits en Angleterre, en Italie, en Espagne, en Belgique, en Turquie, dans le Levant, au Brésil et dans toute l'Amérique du Sud.

La fabrication des appareils servant à l'éclairage électrique comprend : La fabrication des piles, presque nulle aujourd'hui, et celle des machines dynamo-électriques, qui se fait exclusivement à Paris dans 7 établissements; la fabrication des lampes ou régulateurs de lumière électrique, spécialisée également à Paris dans 8 maisons; celle des crayons de graphite et des crayons artificiels, qui occupe à Paris un certain nombre d'ouvriers et de petits industriels. Celle des lanternes, suspensions, câbles conducteurs et accessoires divers, concentrée dans 8 établissements; et enfin la fabrication des appareils spéciaux pour application de la lumière électrique aux phares, à la marine et à la guerre, qui alimente 3 maisons seulement.

Dans la construction des machines dynamo-électriques, on peut distinguer la partie mécanique, qui est exécutée par le personnel et avec les outils ordinaires des ateliers mécaniques, et la partie électrique, pour laquelle il a fallu former des ouvriers spéciaux dont le salaire varie de 4 à 8 francs par jour.

En 1867, une seule application sérieuse de la lumière électrique avait été faite à l'éclairage des phares de la Hève. Depuis trois ans, les perfectionnements et l'abaissement du prix des machines dynamo-électriques ont fait surgir de nombreuses applications à la guerre, à la marine, et surtout pour l'éclairage des grands établissements industriels. Enfin une invention toute récente, celle des bougies électriques, qui paraît constituer la première solution pratique de la divisibilité de la lumière produite par un courant électrique déterminé, semble promettre à cette industrie, dans un avenir très-rapproché, un développement considérable. On peut évaluer actuellement la production annuelle à 400 machines dynamo-électriques, représentant avec leurs accessoires une valeur de 1 million de francs.

Accessoires du chauffage et de l'éclairage. — Les allumettes, dont la fabrication était libre jusqu'au 1er janvier 1875, sont depuis cette époque l'objet d'un monopole exploité par une compagnie fermière moyennant une redevance annuelle à l'État de 16,030,000 francs.

La substitution, chaque jour plus prononcée, des combustibles minéraux au bois de chauffage a donné naissance à quelques produits secondaires connus sous le nom d'allume-feu; ce sont, en général, des bûchettes ou des copeaux de bois imprégnés de matières résineuses. Les becs et brûleurs n'ont pas été notablement perfectionnés; ceux qui sont employés pour l'éclairage au gaz sont en cuivre, en fonte ou en stéatite. La forme et la dimension de ces brûleurs ont une influence considérable sur la relation qui existe entre la dépense et la quantité de lumière produite. Les conditions économiques du fonctionnement de ces appareils ont été étudiées par un très-petit nombre de spécialistes, mais sont encore malheureusement peu connues.

Forges portatives. — Les forges portatives ordinaires rendent de grands services à la métallurgie, aux chemins de fer, aux laboratoires de chimie, ainsi qu'aux serruriers, mécaniciens, charrons, forgerons, maréchaux, etc.

Les forges alimentées par le gaz d'éclairage ont été adoptées de préférence par les émailleurs, les bronziers, les orfèvres, les bijoutiers et les appareilleurs à gaz. Pour les forges ordinaires, les lieux de production sont Paris, Lyon, Saint-Étienne, Charleville et Rouen; les forges au gaz, d'invention récente, ne se construisent que dans deux maisons à Paris. Les matières premières, tôle, fonte ordinaire, fonte malléable, cuir de vache et bois de chêne, employées dans leur fabrication sont de provenance française.

Les deux établissements de Paris occupaient, en 1867, 40 ouvriers, secondés par une force motrice de 4 chevaux. La force motrice utilisée est actuellement de 7 chevaux-vapeur, et le nombre des ouvriers, dont le salaire varie de 4 à 7 fr. par jour, s'est élevé à 80. La production annuelle des forges à gaz représente une somme de 800,000 francs, dont 50 % pour les matières premières, 25 % pour la main-d'œuvre et 15 % pour les frais généraux. On en exporte en Russie, en Allemagne, en Autriche, en Angleterre, en Italie, en Belgique, en Suisse, en Espagne et en Égypte.

NOTE II.

Cristaux, verrerie et vitraux (*Classe* 19).

Les produits de la classe 19 (verrerie) étaient des plus variés par la forme, la destination et le mode de fabrication. On les divise en huit séries différentes : 1° Les *cristaux* pour services de table, lustres, candélabres; les cristaux de luxe et de fantaisie unis, taillés et colorés, filigranés, dorés et peints; 2° la *gobeletterie* fine et commune pour la table, les articles pour restaurants, les bouteilles à eau gazeuse, les cornues et autres appareils de laboratoire; 3° les *glaces* pour miroiterie et vitrages, les verres colorés pour dallage et appareils de phare; les glaces brutes, unies, cannelées, pour vitrages et couvertures de serres; 4° les *verres à vitres* blancs et colorés, les cylindres ou globes ronds, ovales et carrés, les tuiles en verre; 5° les *bouteilles* à vin, à eaux minérales; les cloches de jardin, les bombonnes et les touries; 6° les *émaux* en masse et les tubes pour la bijouterie et l'émaillage; 7° les *miroirs;* 8° les *vitraux peints*.

Quoique l'emploi du verre fût assez peu répandu chez les anciens, sa fabrication avait atteint cependant un grand degré de perfection; mais la décadence fut complète après la dislocation de l'empire romain. C'est vers le XIIe siècle, à Venise, que commença l'établissement des célèbres verreries dont la prospérité ne déclina qu'à la fin du XVIIe siècle et pendant le XVIIIe. Déjà, depuis le XVIe siècle, la fabrication, en Bohême, s'était développée très-rapidement; au XVIIe siècle, Colbert créait les établissements de Saint-Gobain, et les Anglais découvraient le verre à base de plomb. En France, vers 1830, le monopole de la fabrication appartenait aux cristalleries de Saint-Louis et de Baccarat; mais de nouvelles usines furent créées, notamment dans les environs de Paris, à Pantin et à Clichy, où fut découvert le verre boracique, dont la fabrication a pris peu d'essor à cause du prix élevé de l'acide borique. Quant à la fabrication des verres de couleur, elle a été très-importante au moyen-âge. En 1825, le monopole en appartenait à la Bohême; ce n'est qu'à partir de 1837 que cette industrie s'est développée en France.

Il entre dans la composition du verre et du cristal un élément commun : la silice; mais les autres éléments sont entièrement différents. Tandis que, dans le cristal, la silice est combinée avec la potasse et l'oxyde de plomb, dans le verre on la mélange au carbonate de chaux et au carbonate ou sulfate de soude. Toutes ces matières sont indigènes, à l'exception du plomb que l'on tire de Belgique, d'Espagne ou d'Angleterre. Leur fusion s'opère dans des creusets chauffés à la houille ou au bois; dans un grand nombre d'établissements, on les chauffe avec les gaz extraits de la houille, et le charbon n'est employé que dans les foyers ordinaires sur grilles plates.

Le travail du verre est basé sur la dextérité manuelle des ouvriers; les machines ne peuvent y remplir qu'un rôle secondaire; pour les glaces seules elles sont l'agent essentiel de fabrication. Ce travail ne s'opère qu'en manufacture. Les manufactures comprennent des halles à fours, des tailleries, des ateliers de dressage et de polissage des glaces. Les ouvriers sont généralement à leurs pièces; ils sont secondés dans le travail des fours par des enfants en nombre à peu près égal à celui des ouvriers verriers; c'est dans cette pépinière d'apprentis que se recrute le personnel des verreries.

Les principaux centres de fabrication sont les départements du Nord, de l'Aisne, de la Seine, de Meurthe-et-Moselle, du Rhône et de la Loire. Paris est le grand marché pour la vente du verre, des cristaux, des glaces et de la gobeletterie, pour l'exportation aussi bien que pour la consommation intérieure.

Le tableau suivant indique la valeur annuelle approximative de la production et de l'exportation :

PRODUITS.	PRODUCTION.	EXPORTATION.
	francs.	francs.
Cristaux.	11,000,000	4,000,000
Verrerie et gobeletterie . .	14,000,000	8,000,000
Glaces.	25,000,000	8,000,000
Verre à vitre	15,000,000	3,000,000
Bouteilles	40,000,000	12,000,000

Le fait le plus saillant que l'on ait remarqué dans l'industrie de la verrerie, en 1867, était l'emploi du gaz comme combustible pour la fusion du verre. Quoique économique, ce procédé nouveau ne s'est point généralisé, soit à cause

des dépenses d'installation qu'il nécessite, soit parce que l'on espère trouver prochainement des moyens plus simples et moins coûteux encore.

Une pratique nouvelle s'est introduite dans la fabrication du verre : constitue-t-elle un progrès? On n'oserait l'affirmer; il importe néanmoins de la signaler. On a substitué à la *rognure* faite par l'ouvrier verrier le coupage par un courant d'air chaud et le *rebrûlage à l'ouvreau* à l'aide du chalumeau. Ce procédé est ingénieux, à coup sûr, et permet d'augmenter notablement la production dans un temps déterminé, mais il donne des produits beaucoup plus cassants. On ne peut non plus passer sous silence une découverte qui a fait grand bruit il y a quelques années, le *trempage du verre*, qui donne à cette substance un état moléculaire particulier et le rend beaucoup moins fragile. Ce procédé a donné lieu et donne encore lieu tous les jours à des essais, à des études nouvelles; il a appelé l'attention des fabricants sur l'opération du *recuit*, d'où dépend le plus ou moins de solidité des produits fabriqués. Enfin, il importe de dire que, dans la dernière période décennale, la loi de 1875 sur le travail des enfants dans les manufactures a reçu son application et qu'elle a déjà produit d'excellents résultats. Des écoles ont été établies dans presque toutes les usines, et les enfants reçoivent ainsi le complément d'instruction exigé par la loi.

Cristaux. — Par la pureté des formes, la qualité des matières employées, les cristaux doivent être placés en tête des produits de la verrerie.

En raison de l'oxyde de plomb qu'il renferme et qui serait réduit par les flammes du combustible, le cristal se fond dans des creusets fermés. Sa valeur dans le creuset est de 1 fr. 50 cent. le kilogramme; mais ouvré comme dans les verres minces, par exemple, il vaut 3 fr. 50 cent.; son prix augmente encore avec la décoration qu'il reçoit, taille, gravure, dorure, etc., au point de devenir égal à celui d'une matière précieuse. La fabrication des cristaux colorés doubles, triples, dont on avait vu des spécimens très-remarquables à l'Exposition de 1867, a presque complétement disparu. On préfère maintenant aux couleurs transparentes les couleurs opaques, et la verrerie proprement dite s'est emparée de cette spécialité, qui avait eu tant de succès dans la cristallerie.

Verrerie et gobeletterie. — La verrerie a fait de grands progrès depuis 1867; elle fabrique du verre plus blanc, grâce à l'emploi de matières plus pures; elle a imité les formes élégantes adoptées pour le cristal. En outre, les verreries se sont livrées à la fabrication des verres opacifiés par le spath fluor et ont fait dans cette branche spéciale une sérieuse concurrence au cristal.

Verre à vitres. — On cherche surtout, dans la fabrication du verre à vitres, à produire le verre le plus blanc et le plus inaltérable possible. La blancheur dépend du choix des matières premières; pour diminuer l'altérabilité on a trouvé récemment un procédé qui consiste à laver les feuilles au sortir de l'étendage dans une solution acide. Le verre devient plus solide et moins impressionnable aux influences atmosphériques. Il y a lieu de signaler un nouveau système d'étendage et de recuit basé sur l'emploi de grilles à leviers ou de chaînes sans fin évitant la superposition des feuilles de verre les unes sur les autres, qui présentait de sérieux inconvénients.

Bouteilles. — Le prix des bouteilles ordinaires est de 15 francs le cent; celui des bouteilles à Champagne varie de 20 à 30 francs le cent. C'est dans ces limites de prix assez étroites que les fabricants doivent rechercher les moyens de livrer un produit bien fait, solide, et de contenance régulière. La grande difficulté est d'obtenir économiquement de très-hautes températures. On a

d'abord eu recours à l'emploi du gaz pour chauffer les creusets, puis on a essayé de se passer de creusets, soit au moyen de fours à bassin contenant de 12 à 14,000 kilogrammes de verre et fonctionnant par renfournements intermittents, soit au moyen de fours à marche continue.

Glaces. — Les manufactures de glace ont adopté dès le début les fours à gaz pour la fusion; les appareils, les machines employées au doucissage des glaces, sont l'objet d'études incessantes.

Miroiterie. — La miroiterie est une industrie essentiellement parisienne, qui a pour objet l'ornementation et l'encadrement des glaces. Depuis quelques années l'emploi de la glace découpée pour l'encadrement des miroirs a pris une grande extension; on donne à ce genre de glaces le nom de *miroirs de Venise.* La miroiterie consomme annuellement 190,000 mètres superficiels de glace à raison de 25 à 38 francs le mètre; 50,000 mètres seulement sont exportés à l'étranger.

Vitraux peints. — Les vitraux peints et gravés constituent une industrie artistique, qui s'est développée considérablement en France depuis une trentaine d'années. On peut évaluer à 500, dont un dixième se trouve à Paris même, le nombre total des ateliers où se produisent les vitraux peints et gravés, et à 5,000 celui des dessinateurs, des peintres, des ouvriers coupeurs et des metteurs en plomb employés dans cette industrie.

C'est sur des vitres de couleur, fabriquées dans des usines spéciales et principalement dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, que les peintres verriers proprement dits dessinent et produisent les détails du tableau qu'ils se proposent de représenter. La fabrication des verres plats de couleur a atteint un grand degré de perfection et a mis à la disposition des peintres verriers une palette aussi riche que variée. Les vitraux français sont exportés dans tous les pays du monde, en Australie comme en Italie et en Espagne, en Chine et aux Indes comme en Allemagne et en Angleterre, aux États-Unis, aux Antilles et dans toute l'Amérique du sud. La faveur dont ils jouissent n'est pas due seulement au goût, à l'habileté d'exécution et à la science décorative des peintres verriers français, mais aussi au bon marché relatif de leurs œuvres.

NOTE III.

Objets de voyage et de campement.

(*Classe* 41.)

Les diverses industries qui concourent à la production des objets réunis dans la classe 41 sont presque toutes groupées à Paris, mais elles sont trop multiples pour former une corporation définie. Les layetiers et les emballeurs seuls constituent maintenant une association considérable et prospère. La fabrication en grand des produits de cette classe est d'une origine récente; elle est en quelque sorte née avec les chemins de fer et s'est rapidement développée et perfectionnée avec les progrès et la vulgarisation des moyens de locomotion. Avant l'application de la vapeur aux transports, la confection des rares ustensiles de voyage rentrait comme accessoire dans l'industrie du sellier et du layetier. Aujourd'hui il existe à Paris d'importants ateliers, nous pourrions dire de véritables manufactures, spécialement installés pour la fabrication des objets de voyage et de campement.

Nous allons indiquer sommairement l'état des diverses branches de cette importante industrie : 1° la plus intéressante est l'*emballage*, qui occupe à Paris 350 établissements distincts dans lesquels travaillent 2,300 ouvriers ; le salaire est de 6 à 7 francs par jour, et le chiffre d'affaires s'élève annuellement à 26 millions, dont 23 pour l'exportation. Le rapport des frais d'emballage à la valeur des objets à garantir est de 2 à 3 % pour les tissus, de 5 à 7 % pour les articles de Paris ; de 10 % pour les objets fragiles volumineux et les meubles ; 2° la *coffreterie*, qui comprend la confection de toutes les malles communes, caisses et boîtes légères en bois blanc, fait travailler 49 maisons principales, dont une seule fournit pour environ 450,000 francs de produits. L'ensemble de la production, qui occupe 705 ouvriers et ouvrières, s'élève à plus de 3 millions ; 3° les *malles* en cuir et toile, les sacs de voyage de toute espèce se fabriquent à Paris dans 70 établissements, qui emploient environ 350 ouvriers payés de 5 à 7 francs par jour. La production de ces articles peut s'évaluer à 2,400,000 francs, dont un quart pour l'exportation.

4° La fabrication des *sacs fins* pour le voyage et pour la ville, des escarcelles, gibecières, sacoches d'officiers, d'artistes, de touristes, occupe à Paris 450 ouvriers et produit pour une valeur de 4 millions d'objets dont la moitié est vendue à l'étranger. Pour les objets des catégories précédentes, les principaux éléments mis en œuvre sont : les articles de serrurerie spéciale, de bouclerie, les pointes de Paris, les cuirs, courroies, les toiles, les tresses, les ficelles, les étoupes, les cartons et papiers divers, les bois de peuplier et de sapin. Le rapport de la main-d'œuvre au prix total de l'objet, varie de 35 à 40 % pour les caisses, boîtes et cartons ordinaires ; de 18 à 20 % pour les sacs en peau fine et les ustensiles de luxe.

5° La *serruererie pour articles de voyage* confectionne les serrures, fermoirs, charnières, poignées, équerres, rivets, etc., en cuivre ou en acier. Cette industrie s'est beaucoup développée depuis dix ans ; elle a doublé d'importance et occupe actuellement à Paris 450 ouvriers, 250 ouvrières et 125 enfants répartis dans 42 maisons, dont le chiffre total d'affaires atteint environ 3,800,000 francs. 6° Les *couvertures de voyage*, fabrication spéciale importée en 1854 d'Angleterre en France, où elle s'est rapidement développée, notamment dans les centres de Beauvais, Orléans et Reims. Le chiffre total annuel de cette production atteint une valeur d'un million, consommée presque entièrement en France.

7° Les *ustensiles de voyage contre le froid*, tels que chaufferettes, boules de voitures, chancelières, housses, objets fourrés, etc. Dix établissements à Paris se partagent la spécialité de ces articles, dont la production annuelle atteint environ 1,400,000 francs. 8° Les *gourdes*, *flacons* de métal ou de verre, étuis, nécessaires de bouche, buffets, cantines, réchauds, lanternes de voyage. Les flacons de verre sont recouverts d'osier dans le département de l'Aisne ; ceux qui sont couverts de peau, ou de tresse en ficelle, sont de fabrication parisienne. Cet article donne lieu à une production qui s'élève à un million. Les gourdes et les flacons de métal sont presque tous de provenance anglaise. Les autres représentent une valeur annuelle de 500,000 francs.

9° Les *sacs*, *bâches*, prélarts et toiles imperméables, alimentent une industrie considérable qui occupe 60,000 ouvriers, emploie pour 50 millions de matières premières et porte sur un chiffre d'affaires d'au moins 100 millions par an. Les tissus mis en œuvre sont surtout des toiles de chanvre, de lin, de phormium tenax, de jute, de coton, fabriquées dans ce but spécial. Les bâches sont rendues imperméables au moyen de préparations particulières dans lesquelles le savon, l'huile, le goudron végétal, les sulfates de cuivre et de zinc jouent le principal rôle. Ce genre de couvertures, imaginé en 1828 par un industriel de

Rouen, a pris une énorme extension depuis qu'elle a été appliquée dans le service des chemins de fer.

10° Les *Objets de campement* tels que tentes de voyage ou d'agrément, lits, siéges, cantines, bissacs, etc. Il n'est pas question ici du matériel de campement militaire, qui figurait à la classe 68. Les objets exposés dans la classe 41 étaient destinés à composer le bagage indispensable aux voyageurs artistes et savants qui, entreprenant de longues excursions, doivent rester un certain temps éloignés de tout centre ou de toute habitation. Ils comprennent, en outre, des abris de diverses espèces, des pièces d'ameublement portatif, et tous les ustensiles, d'un volume et d'un poids aussi réduits que possible, qui servent au transport et à la conservation des effets et des vivres.

Ces nombreux objets exigeant une confection spéciale et très-soignée, ont donné naissance à une industrie nouvelle qui est maintenant exploitée à Paris par cinq établissements d'une certaine importance. La production totale annuelle s'élève à environ 3 millions de francs, dont la moitié est à destination de l'étranger. En récapitulant les chiffres relatés ci-dessus et en y joignant les produits de quelques industries secondaires qui se rattachent à la classe 41, on arrive à constater qu'en France, pendant l'année 1876, l'ensemble du mouvement d'affaires produit par la fabrication des ustensiles de voyage et de campement, s'est élevé au chiffre considérable de 147 millions de francs. En 1872, ce chiffre était de 139 millions, et en 1867 il n'était que de 131 millions, soit un accroissement de 16 millions en dix ans. Cette industrie fait vivre plus de 67,000 ouvriers, dont un grand nombre travaillent dans des manufactures de tissus et dans de grands ateliers ; les salaires, à Paris, sont de 6 à 9 francs pour les ouvriers confectionneurs et ajusteurs, et de 2 fr, 50 cent. à 3 francs pour les ouvrières.

Pour les objets d'une vente courante et d'un usage répandu, tels que malles et sacs de voyage, le prix de revient s'établit de la manière suivante :

Matières premières	50	0/0
Main-d'œuvre	25	
Frais généraux	13	
Bénéfice	12	
TOTAL	100	

Un tiers au moins de la production annuelle est consommé par l'exportation. L'importation est à peu près nulle : elle ne porte que sur quelques articles spéciaux de fabrication anglaise.

NOTE IV.

Armes portatives et armes de chasse.

(*Classe* 40.)

Les produits exposés dans la classe 40 peuvent se diviser en quatre groupes distincts : 1° Les armes à feu de chasse et de tir, telles que fusils, carabines, pistolets, revolvers, canardières, tromblons et les armes de guerre; 2° les armes blanches offensives et défensives comprenant les sabres, épées, fleurets, poignards, baïonnettes, haches, casse-tête, boucliers, cuirassès, etc.; 3° les capsules, les amorces, les cartouches, les bourres, toutes les munitions enfin nécessaires aux armes de luxe et de guerre; 4° les articles de chasse, comprenant d'une part l'équipement proprement dit du chasseur, et d'autre part les

accessoires, tels que les ustensiles nécessaires pour charger les armes, les cartouches et ceux qui servent à nettoyer, à monter et à démonter les armes.

Les armes à feu de chasse et de luxe sont fabriquées en France, dans un certain nombre de villes; mais les centres principaux sont Paris et Saint-Étienne (Loire), où cette industrie existe depuis l'origine de l'emploi de la poudre. C'est surtout à la fabrication parisienne que l'on doit les armes de luxe les plus élégantes et les plus variées. Il est bon de rappeler ici que c'est grâce aux ressources et à la vitalité de cette industrie que l'on a pu fabriquer, pendant le blocus de Paris, les armes de guerre nécessaires à l'armement des défenseurs de la place. Saint-Étienne qui, du reste, sous beaucoup de rapports, cherche à rivaliser avec Paris, entre pour la plus grande part dans la production française et peut, pour les armes à feu de chasse, être regardé comme le siége principal de l'industrie.

Quant aux armes blanches, elles proviennent actuellement des manufactures de Châtelleraull et de Saint-Étienne ; mais lorsque les montures et les garnitures exigent toutes les ressources d'un travail artistique, elles se font principalement à Paris, où se trouvent les meilleurs modèles. Pendant la guerre de 1870, il a été confectionné, dans la capitale, un grand nombre d'armes blanches et, depuis cette époque, cette fabrication tend à prendre sa place au milieu des autres industries parisiennes.

La fabrication des amorces, des capsules et des cartouches est concentrée dans un petit nombre d'établissements, dont plusieurs sont très-importants; presque tous sont situés dans le département de la Seine et dans le département de Seine-et-Oise. Cette industrie a pris un développement considérable depuis plusieurs années, surtout en ce qui concerne les cartouches à enveloppe métallique; elle alimente de ses produits non-seulement notre pays, mais encore l'étranger. Les articles de chasse sont fabriqués pour la plus grande partie à Paris. Cette industrie, tout en étant exploitée par quelques maisons importantes, est alimentée par une grande quantité de petits fabricants. On comprend aisément que, pour ces divers objets, il serait bien difficile d'indiquer d'une manière précise le nombre des établissements producteurs. Leur fabrication, en effet, se trouve divisée à l'infini et s'étend jusqu'à l'ouvrier qui travaille en chambre.

Les fers et les aciers nécessaires à la fabrication des armes à feu et des armes blanches sont, en général, de provenance française. Le département des Vosges, entre autres, fournit des fers au prix moyen de 50 à 60 francs les 100 kilog. Les aciers (dont l'emploi tend à se généraliser de plus en plus) sont livrés par les départements de l'Isére et de la Loire, à raison de 80 francs les 100 kilog. Les armes blanches exigent, en outre, pour la monture et la garniture, l'emploi du cuivre, de la corne, du cuir, de l'ivoire, de la nacre, de l'argent, de l'or, etc.

Les bois de fusils, dont la France fait une certaine exportation, sont principalement tirés de l'Auvergne et du Dauphiné. Les bois de choix reviennent à 12 et 15 francs la pièce. Les capsules, les amorces et les cartouches sont fabriquées avec du cuivre provenant généralement du Chili et du Lac Supérieur (États-Unis), dont le prix en planche varie de 200 à 250 francs les 100 kilogrammes. 5 millions de kilog. de cuivre environ sont absorbés annuellement par cette fabrication dans les industries particulières. Le papier employé pour les cartouches vaut 160 francs les 100 kilog. et le mercure qui entre dans la composition du fulminate se paye 20 francs le kilogramme.

Les matières premières employées pour les articles de chasse proprement dits sont très-diverses; les principales sont, pour l'équipement, le cuir, les peaux de chèvre, de mouton, de veau, de porc, etc., de préparation parisienne,

pour la plus grande partie. Les toiles et les tissus sont tirés du département du Nord ; les filets proviennent en général du Calvados, de la Somme, et la bouclerie de Paris. L'accessoire de chasse emploie également un grand nombre de matières, dont les principales sont le cuivre, le fer, la corne, le bois, l'os, etc.

La fabrication des armes de guerre se fait complétement à la machine. Les manufactures de l'État sont outillées d'une manière fort complète, et qui leur permet de faire mécaniquement jusqu'aux montures de fusils ; des usines spéciales sont établies pour le forage, l'alésage et l'émeulage des canons de fusils. La plupart des outils en usage dans la mécanique générale figurent dans les manufactures d'armes ; tels sont les pilons, moutons, balanciers, laminoirs, tours, machines à raboter, à percer, etc., mais les outils qui sont plus spéciaux à l'arquebuserie, sont les machines à fraiser, dont les types très-variés permettent d'exécuter avec une grande précision tous les détails d'une arme, et servent à produire en nombreuses séries des pièces d'une identité parfaite, dernier point de perfectionnement de ce genre de travail. La journée des hommes se paye, à Saint-Étienne, de 4 francs à 4 fr. 50 cent., celle des femmes, 2 francs, celle des enfants, 0 fr. 75 centimes.

L'industrie particulière a emprunté, autant qu'il lui était possible, les procédés employés dans les manufactures de l'État, et les revolvers, notamment, se font entièrement à la machine, ainsi que certaines parties des fusils. Mais, pour l'arme de luxe, l'emploi de la machine n'existe pour ainsi dire pas : en effet, ce qui fait la supériorité d'une usine bien installée pour armes de guerre, c'est-à-dire l'identité des produits obtenus, s'oppose évidemment à la fantaisie, à l'invention, au développement du goût artistique, auxquels les armes fabriquées à Paris doivent leur renommée et leur originalité. On doit ajouter qu'à côté des armes de grand luxe, il se fabrique, et particulièrement à Saint-Étienne, des armes dont certaines parties sont faites à la machine, et qui sont par cela même exécutées dans des conditions qui permettent de les livrer aux consommateurs, même en bonne qualité, à des prix relativement peu élevés.

En ce qui concerne l'équipement et les accessoires de chasse, leur fabrication se fait, partie à la main et partie à la machine. La vulgarisation et le perfectionnement des machines à coudre amène, pour le travail ordinaire, et malgré l'élévation des salaires, un abaissement des prix que l'on n'avait jamais pu atteindre jusqu'ici, et qui permet de livrer à l'exportation le tiers environ des objets fabriqués. Mais ce que nous avons dit plus haut pour les armes de luxe, s'applique encore ici aux articles de choix, à savoir, que les machines sont impuissantes à les produire et qu'ils doivent être exécutés presque entièrement à la main.

L'introduction de la machine dans la fabrication des armes de chasse a son importance pour le plus grand nombre des consommateurs, car le prix de la main-d'œuvre augmente tous les jours, et comme conséquence, le prix des armes faites à la main s'est beaucoup élevé. On peut estimer que, depuis l'Exposition de 1867, le salaire des ouvriers s'est élevé environ de 40 % dans cette industrie, et on peut constater que les conditions d'existence de la plupart des ouvriers armuriers se sont sensiblement améliorées.

Armes à feu	20,000.000 fr.
Armes blanches	4,000.000 —
Cartouches	15,000.000 —
Articles de chasse	3,000.000 —
TOTAL	42,000.000 fr.

La production en France des armes de toute nature, des amorces et articles de chasse, peut atteindre, approximativement pour l'industrie privée, le chiffre de 42,000,000 de francs, comme l'indique le tableau ci-dessus.

Depuis la dernière Exposition, l'industrie des armes en France a maintenu sa bonne renommée. En ce qui concerne les armes de luxe notamment, la fabrication française continue à occuper un rang très-honorable dans l'industrie européenne.

NOTE V.

Céramique (*Classe 20*).

L'industrie céramique s'applique à des produits très-variés, tant sous le rapport des matériaux, pâtes et glaçures, employés à la confection des objets qu'au point de vue des usages auxquels ces objets sont destinés.

On peut diviser les produits céramiques en quatre catégories :

1° Porcelaines blanches et décorées; 2° Faïences blanches et décorées; 3° Grès; 4° Terres cuites.

Porcelaines. — Les matières employées dans la fabrication des porcelaines sont, tout d'abord, les kaolins et les cailloux blancs (pegmatites ou pétrosilex) dont les prix varient de 8 à 14 francs les 100 kilogr., suivant la qualité. Le type du kaolin est la terre plastique de Saint-Yrieix (Haute-Vienne); les kaolins des Pyrénées, du Cher, de l'Allier, entrent de plus en plus en concurrence avec ceux du Limousin et ont contribué puissamment au développement des fabriques du Berry.

La terre de porcelaine seule ne donnerait pas une pâte convenable, douée de la transparence qui doit caractériser ce genre de produit céramique; on trouve dans les sables de lavage et dans les feldspaths purs ou pegmatites blanches l'élément fondant auquel la porcelaine doit sa translucidité ; ce produit accessoire revient à 6 et 8 francs les 100 kilogrammes.

La première manufacture de porcelaines créée en France fut établie à Vincennes. Vers 1730, les fermiers généraux, propriétaires de cet établissement, le transportèrent à Sèvres et y élevèrent une manufacture qui fut acquise, en 1739, par Louis XV, et est demeurée jusqu'à nos jours propriété de l'État. Elle renferme une collection complète de toutes les porcelaines étrangères et des matières premières qui servent à leur fabrication ; une collection de toutes les porcelaines, faïences et poteries de France et des terres qui servent à les confectionner; enfin la collection de modèles des vases, des ornements, des services, des figures, des statues, etc., qui ont été faits dans la manufacture depuis sa création. Par la beauté des matières, la pureté du dessin, l'élégance des formes et la richesse des ornements de ses produits, cet établissement est devenu depuis longtemps le plus important de l'Europe et a puissamment contribué aux progrès de l'industrie céramique en France.

La porcelaine se fabrique en France dans trois centres principaux :

1° Le Limousin (Haute-Vienne et Creuse); Limoges renferme plus de trente fabriques faisant la porcelaine blanche; 2° le Berry, où l'on trouve les fabriques du Cher, de l'Allier, de la Nièvre et de l'Indre, qui produisent principalement les porcelaines blanches et les articles courants à bon marché; 3° Paris et ses environs en y ajoutant la Champagne.

La fabrication parisienne est on ne peu plus variée; dans un grand nombre de petites fabriques on fait l'article de Paris, les objets de fantaisie tels que fleurs, coupes, corbeilles, etc.; quelques autres font au contraire des objets artistiques, principalement en biscuit, ou des produits spéciaux, tels que les

lampes ou les coupes destinées à recevoir une ornementation très-riche et à être montées en bois sculpté ou en bronze. Enfin, dans de nombreux ateliers, on reçoit les porcelaines blanches provenant en grande partie de Saint-Amand-les-Eaux (Nord) et de Fontainebleau, et on les décore selon les besoins dans les genres les plus variés. La décoration ne se fait pas exclusivement à Paris, mais on peut dire cependant que cet art est essentiellement parisien.

On compte en France 102 fabriques de porcelaine qui utilisent une force de 1,300 chevaux (550 chevaux-vapeur et 750 chevaux hydrauliques), occupent 14,000 ouvriers, et font un chiffre d'affaires de 43,600,000 francs. La valeur des exportations ne dépasse pas 6 millions de francs; en revanche, les importations de porcelaines tendres anglaises représentent une somme importante.

Faïences. — L'industrie de la faïence n'a pas le même caractère que celle de la porcelaine; elle s'exerce dans de véritables usines qui traitent des masses considérables de pâtes préparées de toutes pièces et cuites économiquement à l'aide de fours perfectionnés. Les pâtes de faïeuce fine se composent d'argile blanche et pure (celle de Montereau par exemple), de kaolin, de sables feldspathiques et de cailloux. Celles des faïences communes ont pour éléments les sables marneux, les argiles communes dites terres franches, les argiles marneuses, les terres glaises et les marnes calcaires. Les matières premières qui forment la base des glaçures sont les mêmes dans les faïences fines et dans les faïences communes : ce sont les silex pyromaque, le fedspath, les alcalis, le minium ou la céruse. Cependant on emploie spécialement dans les premières l'acide borique qui figure pour une part importante dans le prix de revient des objets fabriqués, et dans les secondes l'oxyde d'étain, d'un coût moins élevé, qui donne à la glaçure une certaine opacité, et fait disparaître la couleur plus ou moins rougeâtre de ces pâtes de qualité inférieure.

L'outillage mécanique a été appliqué depuis longtemps déjà dans la fabrication des faïences fines au broyage des matières premières, à la préparation des pâtes, à la porphyrisation des glaçures, à l'affermissement des matières trop liquides et à la confection des pièces.

Pendant les dix dernières années, il n'y a dans cette industrie, pas plus que dans la fabrication des faïences communes, aucun procédé nouveau de quelque importance à signaler.

Les départements les plus riches en fabriques de faïences sont : la Nièvre, Meurthe-et-Moselle, la Seine-Inférieure, la Loire-Inférieure, etc. On compte en France 372 établissements qui emploient une force de 542 chevaux et occupent 5,430 ouvriers, dont 1,400 femmes et enfants. Le chiffre annuel des affaires est de 13,960,000 francs.

L'exportation des faïences est relativement plus importante et ne s'élève guère qu'à 1 million de francs, tandis que l'Angleterre nous en envoie chaque année pour plus de 3 millions.

La faïence fine se prête à des décorations variées; la peinture est généralement imprimée sous couverte et quelquefois aussi reprise à la main sur le décor imprimé.

Enfin il faut mentionner les faïences communes stanifères, les majoliques et autres terres, qui sur leur surface totale ou partiellement sont recouvertes d'un émail opacifié par l'oxyde ou la calcine d'étain et l'alquifoux. C'est dans ce groupe que se trouvaient classées toutes ces productions céramiques, qui ont acquis une grande célébrité par l'éclat des couleurs, la limpidité des glaçures, et l'heureux agencement des peintures dont elles sont décorées.

Les genres arabe, persan, oriental, mauresque ont été successivement imités, et on peut citer comme types les belles majoliques italiennes et anglaises.

Grès. — Une pâte très-dure, dense, imperméable, distingue les grès de tous les autres produits céramiques. Les grès se divisent en deux classes : les grès cérames fins et les grès cérames ordinaires.

Les premiers, véritables objets de luxe servant à l'ornementation ou bien appropriés à l'usage de la table, sont formés d'une pâte très-fine, blanche ou de couleurs variées, façonnée avec délicatesse, souvent enrichie de figures en relief d'une grande netteté en pâte d'une autre couleur. Essentiellement composée d'argile plastique pure, de kaolin et de feldspath, cette poterie se place par sa nature entre la porcelaine dure et la faïence fine anglaise.

La pâte des grès communs, qui se compose d'argile plastique dégraissée, soit avec du sable quartzeux, soit avec du ciment d'argile ou du grès, donne des pièces solides et d'une couleur variant du gris perle au rouge brun; elle est imperméable par elle-même, résiste à l'action corrosive des acides et constitue une excellente poterie usuelle; jouissant d'une grande plasticité, cette pâte se façonne très-aisément soit sur le tour, soit par moulage.

Dans la catégorie des grès rentrent aussi les carreaux de revêtement ou carrelages en grès monochromes ou multicolores qui sont employés pour le dallage ou pour la décoration et constituent de véritables mosaïques à grands points dont chaque carreau apporte, dans la composition générale, une ou plusieurs couleurs, un ou plusieurs matifs, une ou plusieurs parties de motif.

Terres cuites. — Les terres cuites comprennent les objets de plastique qu'une cuisson convenable rend propres à la décoration. On en fabrique à peu près partout en France, et l'on ne peut que signaler leur application de plus en plus développée à l'ornementation des édifices publics et privés.

NOTE VI.

Matériel des arts chimiques, de la pharmacie et de la tannerie. *(Classe 53).*

La classe 53 comprend toutes les industries dans lesquelles la chimie joue le rôle principal ou devient un important auxiliaire de la mécanique.

Dans le matériel des *fabriques de produits chimiques*, il n'y a pas de découvertes bien importantes à signaler. Toutefois on ne peut laisser passer sous silence les efforts persévérants de certains fabricants tendant à remplacer dans la concentration de l'acide sulfurique le platine par des métaux moins dispendieux, ni les progrès constants des fabricants d'appareils de platine, qui par la perfection de leurs procédés cherchent à rendre cette substitution inutile.

Dans l'industrie des *matières colorantes* on voit se généraliser l'emploi des réactions sous pression qui nécessitent l'emploi de vases clos dont la construction s'est notablement perfectionnée. Il faut surtout appeler l'attention sur les améliorations apportées dans les dispositions des appareils à distiller, des ustensiles destinés à la galvanoplastie, des réservoirs de produits inflammables enfin d'un grand nombre d'instruments de laboratoires ou d'analyses chimiques.

Le matériel des fabriques de *savon* a été complétement modifié; les machines-outils qu'on y employait en 1867 ont reçu des perfectionnements remarquables et se sont multipliées. Des progrès nombreux ont été réalisés, sinon dans la fabrication proprement dite, du moins dans les opérations accessoires que l'on

doit faire subir au savon avant de le livrer au commerce. Des découpoirs débitent des morceaux d'un poids déterminé qui sont ensuite soumis à l'estampage au moyen de presses.

Depuis dix ans l'ancien système de fabrication des *bougies* est abandonné. On a adopté dans toutes les usines la *saponification* faite dans un autoclave en cuivre sous pression de 8 à 10 atmosphères avec 1 à 2 % de chaux. Ce procédé se combine avec la distillation, qui constitue maintenant l'élément principal de la fabrication de la stéarine. L'appareil à distiller dont on se sert et ses organes accessoires ont reçu d'importantes améliorations au point de vue du surchauffage et de la distribution de la vapeur à l'intérieur de l'appareil. Des presses simples ont été transformées en presses doubles horizontales à chaud et à froid; les machines à mouler les bougies ont aussi été heureusement modifiées en ce qui concerne l'inégalité du chauffage et du refroidissement des moules, l'économie de la mèche et son parfait cintrage. En résumé, les perfectionnements de l'outillage ont diminué de 25 % le prix de fabrication de la bougie stéarique en France, et la consommation, qui n'était en 1867 que de 200,000 quintaux, s'est élevée en 1876 à plus de 300,000 quintaux.

Les types de matériel et les procédés de fabrication en usage dans les usines à gaz, les progrès accomplis dans toutes les branches de cette industrie, ont été mis en évidence par l'exposition de la classe 53. Les foyers et les fours de distillation, les condenseurs et les extracteurs, les compteurs, les régulateurs et les gazomètres figuraient dans cette exposition, avec les systèmes les plus modernes, et permettent d'apprécier la simplicité de leur installation, la puissance et l'économie de leur production. De 1867 à 1877 l'industrie gazière française s'est accrue de plus du tiers. En 1875, le nombre des villes éclairées au gaz n'était que de 590; au 1er janvier 1878, il s'élève au moins à 640.

Le capital engagé dans cette industrie dépasse 650 millions de francs.

La consommation annuelle de la houille, matière première de la fabrication, est de plus de 1,300,000 tonnes, fournissant près de 320,000,000 de mètres cubes de gaz employés à l'éclairage et au chauffage.

Les produits dérivant de la fabrication du gaz ont une importance considérable; les usines fournissent chaque année à l'approvisionnement général du combustible 900,000 tonnes de coke et à divers marchés 200,000 tonnes de goudrons, huiles et brais, essences, sels ammoniacaux et produits chimiques variés.

La population ouvrière employée dans les usines est d'environ 6,000 personnes.

Les progrès des sciences physiques et chimiques ont amené dans le matériel et dans l'installation des laboratoires de *pharmacie* des transformations profondes. La facilité d'utiliser la vapeur, le gaz et l'électricite a totalement changé 'ancien outillage. Par des appareils ingénieux on obtient un dosage plus rigoureux des médicaments et par des moyens mécaniques on est parvenu à dissimuler le goût répugnant des drogues pharmaceutiques, à les présenter aux malades sous des formes agréables et à les rendre d'une administration facile. Les papiers ou tissus emplastiques, les sinapismes et cataplasmes en feuille, les capsules, les dragées, les perles, les cachets médicamenteux, les gélatines médicinales, les pastilles, les extraits concentrés dans le vide, les poudres impalpables, toutes ces préparations ont été créées ou perfectionnées grâce à des appareils tout récents. On peut citer entre autres les appareils à filtrer, à dyaliser, de nombreux spécimens de presses, turbines, cylindres, sparadrapiers, piluliers mécaniques, alambics et bassines à vapeur, récipients à évaporer dans le vide, disque pour arrondir les granules, compte-gouttes, instruments à triturer automatiquement les pommades et les onguents, etc. Aussi les médicaments présentés après en France s'exportent-ils dans toutes les contrées du monde.

Le matériel et l'outillage de la *tannerie* et de la *mégisserie* ont été complétement modifiés et se transforment encore chaque jour. L'innovation la plus intéressante est certainement la substitution presque générale aujourd'hui du travail mécanique au travail manuel; l'introduction, dans les foyers de générateurs à vapeur, de dispositions qui permettent l'emploi comme combustible de la tannée, résidu encombrant et presque sans valeur, a puissamment contribué à l'adoption des moteurs à vapeur, qui actionnent des machines-outils très-variées et très-ingénieuses.

L'innovation la plus remarquée dans l'industrie de la *verrerie* en 1867 avait été l'emploi du gaz comme combustible pour la fusion du verre. Quoique économique, ce mode de chauffage n'a cependant fait depuis lorsque peu d'adeptes nouveaux, soient que les fabricants aient reculé devant les frais d'installation, soit qu'ils espèrent voir surgir prochainement des procédés plus simples encore et moins dispendieux. Une pratique nouvelle s'est introduite dans la fabrication du verre: on a substitué à la *rognure* faite par l'ouvrier verrier le coupage par un courant d'air chaud et le *rebrûlage* à l'ouvreau par le chalumeau. Mais le *buvant* d'un verre rebrûlé au chalumeau ne vaut pas à beaucoup près le rebrûlage fait à l'ouvreau, qui, en même temps qu'il rebrûle complétement ce buvant, ressoude pour ainsi dire entre elles toutes les parties du verre et les consolide.

Saus vouloir porter un jugement sur une découverte récente, et qui, à son origine, a fait très grand bruit, on ne peut passer sous silence le procédé nouveau dit de *trempage du verre*, qui en donnant à cette substance un état moléculaire particulier la rend beaucoup moins cassante.




SPECIAL 93-B
6258
V.5
THE GETTY

